



Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för bioenergi
Examensarbete i ämnet teknik

Teknisk och ekonomisk analys av en bränslekonvertering vid SIA TallOils pelletsfabrik

*Technical and economical analysis of a fuel conversion at SIA TallOils
pellet plant*

Gustaf Johnsson

Abstract

At SIA Talloil's pellets factory in Latvia wood shavings and saw dust are dried with flue gases from a gas burner. Talloil wants to replace the gas with a biofuel that is available at the pellet plant. The reason for this is the unstable gas market in Europe in combination with the fact that Talloil wants to improve its profile as supplier of renewable bio fuels. In this project the technical and economical possibilities for a fuel conversion to either bark powder, wood shavings or wood powder have been investigated. These fuels should be burned in one of the following applications: TPS BioSwirl, VTS Multifuel burner or Saxlunds bio fuel combustion plant

Due to the fact that the fuel alternatives available are relatively common except for bark powder, the work has mainly been focused on bark powder. Bark powder is most easily burned in a VTS Multifuel burner. This application should, if used, be vertical assembled to ease the collection of the ash.

When burning wood powder for generation of flue gases is it suitable to take the wood powder falling from the pellets production line and burn it in a BioSwirl. The wood powder production will then take place continuously during the pellets production and only a small buffer storage would be needed.

In a technical and economical point of view a conversion to burning bark shavings in a combustion plant is the most suitable alternative. If a conversion of this type should be profitable relatively fast the bark shavings should be produced in the factory's own process line for lumber. This would minimize the transports of bark.

Förord

Handledare: Christofer Rhén
Genomfört hos: TalOil AB
Klarabergsviadukten 70, D7
111 64 Stockholm

Ämnesgranskare: Tatjana Stern
Institutionen för bioenergi
Box 7061
750 07 Uppsala
Sveriges lantbruksuniversitet

Examinator: Bengt Hillring
Institutionen för bioenergi
Sveriges lantbruksuniversitet

Förutom ett stort tack till min handledare, Christofer Rhén, och ämnesgranskaren för rapporten, Tatjana Stern, vill jag tacka alla som hjälpt mig med information, synpunkter och stöd. Framförallt skulle jag vilja rikta ett tack till alla vänliga själar på TalOil och TPS.

Gustaf Johnsson
Uppsala, juni 2007

Sammanfattning

Bioenergimarkanden har i Sverige mer än fördubblats sedan början på 80-talet. Detta beror till stor del på det ökade intresset för koldioxidneutrala bränslen. Träpellets är ett av bränslena vars marknad växt snabbast. Pelletsen består av sammanpressat träspån, som oftast är en biprodukt från sågverksindustrin. Pelletering görs för att öka homogeniteten i bränslet, förbättra lagrings egenskaperna och till sist minska volymen för att minska transporterna. Vid förädlingen av biobränslen, till exempel tillverkningen av pellets, åtgår en del energi för att torka materialet. För att inte minska miljönyttan med förädlingen är det viktigt att denna energi är så koldioxidneutral som ekonomisk möjligt.

Vid SIA TallOil i Lettland torkas träspån för pelletsproduktion med hjälp av rökgaser från en naturgasbrännare. TallOil vill byta ut gasen mot ett trädbränsle som finns tillgängligt vid fabriken. Anledningen till detta är bland annat osäkerheten på gasmarknaden tillsammans med att man vill stärka sin profil som leverantör av förnyelsebara biobränslen. Därför utreder detta arbete de tekniska och ekonomiska möjligheterna till att konvertera pelletsfabriken från gas till antingen barkflis, barkpulver, träflis eller träpulver. Dessa skall även eldas i någon av följande tekniska applikationer: TPS BioSwirl, VTS Multifuelbrännare eller Saxlunds biobränsleugn.

Då de bränsle alternativ som finns att tillgå bortsett från barkpulver är relativt vanliga och därigenom välbeprövade har stor vikt lagts på att utreda möjligheterna för eldning av barkpulver. Den för detta ändamålet bästa lösningen är en VTS Multifuel brännare. En sådan anläggning skall för att underlätta askhanteringen vara vertikalmonterad.

Vid eldning av träpulver för generering av rökgaser är det lämpligt att ta den träpulverfraktion kallad för avsåll som bildas i processen och elda denna i en BioSwirl brännare. Träpulverproduktionen skulle då ske kontinuerligt under pelletsproduktionen och endast ett litet buffertlager skulle behövas.

Det visar sig att ur ekonomisk och teknisk synvinkel skulle en bränslekonvertering till eldning av barkflis i en rosterugn vara det lämpligaste alternativet. Om en konvertering av detta slag snabbt skall vara lönsam bör barken komma från fabriken egen processlinje för rundved. Detta skulle minimera transporterna av bark

Om gaspriset i Lettland skulle öka, blir de ekonomiska motiven för att konvertera anläggningen mycket starkare, vilket samtidigt skulle underlätta för en investering att bli ekonomiskt gynnsam. Behovet av att bränslet kommer från den egna processlinjen kvarstår dock, trots ökade marginaler på investeringen. Ett ökat gaspris kan resultera i ökad efterfrågan på bark och därmed leda till en prisstegring.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte.....	3
1.3. Avgränsningar	3
2. Metod	3
2.1. Utvärderingsalternativ	4
2.2. Utvärderingskriterier	5
2.3. Elementäranalyser av bränsle	5
2.4. Beräkningar av effektbehov för torkning av pelletsråvara.....	6
2.5. Beräkningar av bränslebehov	7
2.6. Beräkningar av transportkostnader	7
3. Teori	8
3.1. Trädbränslen.....	8
3.1.1. Bränsleegenskaper	8
3.1.1.1. Värmevärde	8
3.1.1.2. Fukt.....	8
3.1.1.3. Aska.....	9
3.1.1.4. Flykthalt.....	10
3.1.1.5. Elementäranalys.....	10
3.1.2. Stamvedsbränslen	10
3.1.2.1. Flis	10
3.1.2.2. Spån	10
3.1.2.3. Träpulver	11
3.1.3. Barkbränslen.....	11
3.1.3.1. Barkflis	13
3.1.3.2. Barkpulver	14
3.2. Förbränning	14
3.2.1. Rostereldning.....	15
3.2.2. Saxlunds biobränsleugn.....	16
3.2.3. Pulvereldning.....	18
3.2.3.1. Multifuel	19
3.2.3.2. BioSwirl.....	20
3.3. Ekonomi	21
3.3.1. Återbetalningstiden.....	21
3.3.2. Kapitalvärdemetoden.....	21
4. Anläggningsbeskrivning	22
4.1. Produkt	22
4.2. Råmaterial.....	22
4.3. Brännare	22
4.4. Tork	22
4.5. Reglering	23
4.6. Brännkammare.....	23
4.7. Blandkammare och stenficka.....	23
4.8. Cykloner	24
4.9. Rökgasfläkt.....	24
4.10. Spånhantering innan torken	25

4.11. Spånhantering efter cykloner	25
4.12. Hammarkvarn	26
4.13. Ånggenerator	26
4.14. Pelletspressar	26
4.15. Kylare	27
4.16. Finfraktion avskiljning	27
4.17. Lager och logistik	27
4.18. Utnyttjandegrad	28
4.19. Ekonomi	28
4.19.1. Driftstopp	28
4.19.2. Gaskostnader	28
4.19.3. Råvarukostnader	28
4.20. Flödesschema	28
5. Resultat	29
5.1. Bränslen	29
5.2. Tekniker	30
5.2.1. Pulverbrännare	30
5.2.2. Rosterugn	31
5.2.3. Torkeffekter	31
5.3. Lösningsförslag	31
5.3.1. Multifuel brännare eldad med barkpulver	31
5.3.1.1. Förbränning och värmegenerering	31
5.3.1.2. Materialflöden på fabriken	34
5.3.1.3. Beräknade resultat	34
5.3.1.4. Logistik	35
5.3.1.5. Ekonomi	35
5.3.2. BioSwirl eldad med träpulver	36
5.3.2.1. Förbränning och värmegenerering	36
5.3.2.2. Materialflöden på fabriken	37
5.3.2.3. Beräknade resultat	37
5.3.2.4. Logistik	37
5.3.2.5. Ekonomi	38
5.3.2.6. Flödesschema	38
5.3.3. Rosterugn eldad med barkflis	38
5.3.3.1. Förbränning och värmegenerering	38
5.3.3.2. Materialflöden på fabriken	39
5.3.3.3. Beräknade resultat	39
5.3.3.4. Logistik	39
5.3.3.5. Ekonomi	40
5.3.3.6. Flödesschema	40
6. Diskussion	41
7. Slutsats	45
8. Referenser	46
8.1. Litteratur	46
8.2. Hemsidor	47
8.3. Personlig kommunikation	47

1. Inledning

Bioenergi är en starkt växande marknad i Europa, bara i Sverige har marknaden mer än fördubblats sedan 1980 (<http://svebio.agrim.com>, 25-Sep-2006). Av den totala energikonsumtionen i Sverige år 2004 som var 647 TWh, utgjorde bioenergi 110 TWh dvs. ca 17% (Energimyndigheten 2005). Bioenergin har haft sitt stora genombrott främst inom uppvärmningssektorn. Detta beror till stor del på det ökade intresset för koldioxidneutrala bränslen, som kommer av en växande insikt om att förbränning av fossila bränslen starkt bidrar till klimatförändringar.

Ett av de biobränslen som varit på kraftig frammarsch under de senaste åren är träpellets, som är sammanpressade restprodukter från skogs- och träindustrin. När man torkar sågspån till torr pellets är åtgången av fossilbränslen i själva förädlingsmomentet en mycket viktig aspekt, eftersom detta påverkar hur pass koldioxidneutralt det förädlade bränslet kommer att vara. Det finns främst tre anledningar till att förädla biobränsle till pellets, som görs för att få ett:

1. torrt och lagringsbart bränsle.
2. homogent bränsle som är enklare att elda.
3. kompaktare bränsle som är enkelt att hantera, billigare och miljövänligare att transportera, det vill säga det har hög densitet och låg fukthalt.

Används fossila bränslen vid förädlingen av biobränsle minskar miljönyttan med förädlingen. Det är därför viktigt att använda förnybara energikällor i de delar av processen där det är ekonomiskt möjligt.

1.1. Bakgrund

TalOil koncernen har en pelletsfabrik i Liepaja i Lettland som går under namnet SIA TalOil. Anläggningen har för närvarande en produktionskapacitet på ca 70 000 ton pellets per år. Produkten exporteras huvudsakligen till Sverige. Fabrikens placering i Liepaja, en hamnstad vid Östersjöns östkust, gör det möjligt att transportera pellets med båt.

Pelletsråvara i Liepaja är främst biprodukter från sågverk som ligger i anslutning till Liepaja. Dessa biprodukter är sågspån, kutterspån och flis som uppkommer vid virkesframställning. Biprodukterna från sågverken i Baltikum skiljer sig något jämfört med de som uppkommer vid sågverk i Sverige. I Baltikum barkas sällan timret före sågning, varför biprodukterna kommer att innehålla en del bark. TalOil önskar att minimera bark i pelletsprodukten, eftersom det kan sänka kvaliteten hos pelletsen. (Rhen, Personlig kommunikation)

När man framställer pellets är det nödvändigt att träråvaran har en fukthalt på ca 10%. Det innebär att man är tvungen att torka materialet innan det pressas till pellets pga. att råmaterialet oftast har en fukthalt på ca 50%. Det finns olika tekniker för att torka trä materialet. Dessa kan skilja sig mycket åt, men en sak är gemensam och det är att man måste tillföra någon form av extern energikälla för att via en tork kunna förånga vattnet som finns i pelletsråvaran. SIA TalOil använder

sig av en så kallad trumtork, där torkvärmen tillförs i form av rökgaser från en gasbrännare.

TallOils kärnverksamhet är att erbjuda sina kunder förnyelsebara bibränslen. Viljan att göra en pelletsprodukt som har hög grad av koldioxidneutralitet är därmed stor. Detta har gjort att man från Talloil har börjat intressera sig för vilka typer av alternativa bränslen och förbränningsmöjligheter som finns för torkanläggningen SIA Talloil.

Ett annat skäl till konvertering av anläggning är att förbereda sig för eventuell handel med utsläppsrätter. I dagsläget omfattas inte pelletsfabriken i Liepaja av handel med utsläppsrätter inom EU, då gränsen för denna handel är förbränningsanläggningar på 20 MW och uppåt, eller förbränningsanläggningar som ingår i fjärrvärmenät som har en total effekt på minst 20 MW. (<http://www.stem.se>, 25-Sep-2006) Gränserna för vilka anläggningar som skall omfattas av handeln med utsläppsrätter omformas inför varje tilldelningsperiod, vilket gör att det är svårt att veta om SIA Talloil i framtiden kommer att behöva handla med utsläppsrätter. Nästa tilldelningsperiod är 2008 till 2012.

Det inte enbart med hänsyn till miljö- och styrmedelsaspekter som företaget intresserar sig för en konvertering av förbränningsutrustningen på SIA Talloil. Med rådande pris på naturgas betalar SIA Talloil ca 9,8 LVL/ Nm³ (Tjárnén, Personlig kommunikation) vilket motsvarar 137,5 kr /Nm³ (Med en valutakurs på 14 kr per LVL). Detta gaspris gör att kostnaderna för gas i dagsläget är ca 9% av självkostnaden för pelletsprodukten (Tjárnén, Personlig kommunikation). Marginalerna för produktionen av pellets ökar således om ett billigare bränsle kan användas. Dels priset, men även den leveransosäkerhet som råder på den Europeiska gasmarknaden, bidrar till att man överväger att byta ut naturgas som energikälla.

Ryssland levererar ca 30% av den gas som förbrukas inom EU, vilket gör gas till stor maktfaktor för Ryssland. Detta blev allt mer uppenbart i samband med gaskonflikten mellan Ryssland och Ukraina under våren 2006. Trots att Rysslands leveransstopp främst var riktat mot Ukraina, påverkades också en del av EU-länderna av konflikten. (Göhl 2006)

Tillgången på pelletsråvara för SIA Talloil har under en längre tid varit begränsad. Detta har inneburit att man från TallOils sida under 2006 har påbörjat uppförandet av en egen processlinje för att kunna processa rundved till spån. En effekt av detta är att man nu har tillgång till spån som inte innehåller någon bark. En biprodukt i denna process blir då bark som skulle kunna lämpa sig som ett lämpligt bränsle till värmegenereringen för torken i pelletsfabriken i Liepaja.

1.2. Syfte

Projektet utförs för företaget TalOil AB:s räkning, vilket är ett nischföretag inom bioenergisektorn.

Syftet med detta arbete är att finna både ett lämpligt biobränsle samt en passande förbränningsteknik för genererande av heta gaser till torkanläggningen vid pelletsfabriken i Liepaja. Hänsyn måste tas till om det är tekniskt och ekonomiskt genomförbart, samt till fakta som uppkommer kring anläggningens möjligheter för rökgasåtervinning eller fjärrvärmeanslutning. Detta behandlas i Josefine Heusinger Von Waldeggs examensarbete som genomförts parallellt med detta projekt.

1.3. Avgränsningar

De förbränningstekniker som enligt TalOil skall behandlas är dels en rosterugn för fastbränsle från Saxlund och dels två pulverbrännare, Multifuel brännare samt BioSwirl brännare, båda från företaget TPS som är ett dotterbolag till TalOil. Denna avgränsning beror på att detta är välkända, beprövade och väl fungerande tekniker, vilket är till nytta vid en eventuell framtida användning.

De bränslealternativ som skall utredas är de som för TalOil i dagsläget finns tillgängliga i Liepaja. Det är trädbränslen som har sitt ursprung i sågverksindustrin, det vill säga bark, träflis, och spån.

2. Metod

I denna uppsats används fallstudie som metod. Enligt Yin (1989a) skall en fallstudie vara uppbyggd på ett specifikt sätt och detta har sammanfattats av Jonsson (2006). I denna uppsats används samma upplägg för fallstudier som sammanfattats i Jonsson (2006) och som redovisas nedan.

- Frågor som skall besvaras
 - Hur och varför frågor.
- Förslag
 - Vad är det som studeras?
- Information som skall analyseras
 - Viken typ av information insamlas och på vilket sätt?
- Koppling som finns mellan den insamlade informationen och det som skall studeras
 - Hur är informationen analyserad för att ge resultat?
- Kriterier för att tolka den insamlade informationen
 - Vad betyder de olika resultaten

Studien som redovisas i denna rapport kan enligt ovanstående kriterier beskrivas på följande sätt:

Kriterier	
Frågor som skall besvaras	Hur skall en lämplig bränsle- och förbränningskonvertering vid SIA TallOil vara utformad?
Vad är det som studeras	Olika bränslen och lämpliga förbränningsmetoder till bränslena.
Information som skall analyseras	Den information som ger bakgrund till resultatet kommer från litteraturstudier, samt kvalitativa interjuver med personer som har erfarenhet inom olika berörda områden.
Kopplig som finns mellan den insamlade informationen och det som skall studeras	Adekvat information har sammanställts för att ge lösningsförslag till bränsle- och förbränningskonverteringen vid SIA TallOil.
Kriterier för att tolka den insamlade informationen	Kriterier har upprättats för att kunna jämföra de olika förbränningsteknikerna på likvärdiga grunder.

2.1. Utvärderingsalternativ

För att strukturera arbetet upprättades, utifrån de avgränsningar som erhållits från TallOil AB (se Avgränsningar 1.3), sex alternativ som studien ska utreda. Dessa utformas med bränslet som utgångspunkt, d.v.s. bark eller stamved, för att som underkategorier ha förbränningsalternativen Saxlunds rosterugn, VTS "Multifuel Burner" eller TPS "BioSwirl".

Bark	Rosterugn eldad med barkflis
	Multifuel Burner eldad med barkpulver
	BioSwirl eldad med barkpulver
Stamved	Rosterugn eldad med träflis
	Multifuel Burner eldad med träpulver
	BioSwirl eldad med träpulver

2.2. Utvärderingskriterier

För att säkerställa att det var likartade aspekter som behandlades vid jämförelsen av de olika förbränningsalternativen har utvärderingskriterier upprättats. Dessa kriterier har sin grund i information som framkommit under litteraturstudien och har även diskuterats med mina handledare.

Följande aspekter skall behandlas vid sammanställningen av de olika lösningsförslagen:

- Förbränningsteknik
 - Effekt
 - Reglerintervall
 - Förbränningsverkningsgrad
 - Uppstartstider
 - Tillgänglighet
 - Krav på bränslet
 - Erfarenheter
 - Start och stödbränslen
- Bränsle
 - Tillgång
 - Åtgång
 - Kvalitet
- Lager och transporter
 - Lagerbehov
 - Transport behov
- Ekonomi
 - Kostnader för transporter
 - Kostnader för bränsle
 - Investeringskostnader
 - Investeringskalkyler
- Fabriksområdets lämplighet

2.3. Elementäranalyser av bränsle

För elementäranalyser av bränsle har Bilaga A i Värmeforskrapporten Bränslehandboken av Birgitta Strömberg använts. Det är ett Excel program för beräkningar av bränsle- och förbrännings egenskaper. Även data som används för beräkningar för respektive bränslealternativ kommer från tabell 3.1.2 och tabell 3.5.3 i Bränslehandboken. Dessa finns även redovisade i Bilaga E. Det är främst medianen av mätningarna som har används. Det förekommer att fukthalten har varierats, men att värden från tabellerna har använts ändå. Detta påverkar endast det effektiva värmevärdet, då andra mätningar är oberoende av fukthalten. Effektiva värmevärdet har i dessa fall räknats om i Bränslehandbokens Bilaga A.

Data som används vid beräkningar av träpulver bygger på mätningar utförda av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut för TallOils räkning. Dessa mätningar har gjorts på pellets producerad vid SIA Talloil.

2.4. Beräkningar av effektbehov för torkning av pelletsråvara

För att veta vilket effektbehov som finns vid torkning av spån med en viss fukthalt till en lägre fukthalt har följande samband använts:

F_{in} och F_{ut} är fukthalten i spånet före, respektive efter torkning. Då kan halten torrs substans i spånet uttryckas som $1 - F_{in}$ resp. $1 - F_{ut}$.

Om sedan B_{in} och B_{ut} är den fuktiga spånmängden i kg, in respektive ut ur torken och att mängden torrt spån in i torken är lika med den som går ut ur torken kan följande skrivas:

$$B_{in}(1 - F_{in}) = B_{ut}(1 - F_{ut}) \Rightarrow B_{in} = \frac{(1 - F_{ut})}{(1 - F_{in})} B_{ut} [kg] \quad \text{Ekv. (2.4.1)}$$

Den mängd vatten som förångas under processen är skillnaden mellan massan hos det inmatade spånet och det spån som kommer ut, vilket ger:

$$m_{\dot{a}} = B_{in} - B_{ut} [kg] \quad \text{Ekv. (2.4.2)}$$

då är $m_{\dot{a}}$ = massa H_2O som förångats.

För att få fram den energi som åtgår för att förånga vattenmängden $m_{\dot{a}}$ behövs följande:

- Ångans entalpi, $h_{\dot{a}}$
- Vattnets entalpi, h_v
- Spånets specifika värmekapacitet, $C_{p_{spån}}$

Ångans och vattnets entalpier och spånets värmekapacitet påverkas av trycket, men detta är konstant i torken och nära atmosfärstryck (se 4.4 Tork). Därför har värden för atmosfärstryck använts.

$h_{\dot{a}} = 2673,8$ [kJ/kg] vid 1 bar och 99.62 °C (Wester 1998)

$h_v = 417,5$ [kJ/kg] vid 1 bar och 99.62 °C (Wester 1998)

$C_{p_{spån}} = 1,340$ [kJ/kg, °C] (Mörtstedt & Hellsten 1987)

För förångning av vatten åtgår energin $Q_{\dot{a}}$,

$$Q_{\dot{a}} = m_{\dot{a}} \cdot h_{\dot{a}} [kJ] \quad \text{Ekv. (2.4.3)}$$

För uppvärmning av vatten som inte förångas åtgår energin Q_v ,

$$Q_v = B_{ut} \cdot F_{ut} \cdot h_v [kJ] \quad \text{Ekv. (2.4.4)}$$

För uppvärmning av spånet åtgår energin $Q_{spån}$,

$$Q_{spån} = B_{in}(1 - F_{in}) \cdot C_{p_{spån}} \cdot \Delta T = B_{ut}(1 - F_{ut}) \cdot C_{p_{spån}} \cdot \Delta T [kJ]$$

Ekv. (2.4.5)

där ΔT är skillnaden i temperatur, mellan torktemperaturen och uteluften.

Den totala energin, Q_{tot} , för torkning av en viss mängd spån är:

$$Q_{tot} = Q_{\dot{a}} + Q_v + Q_{spån} [kJ] \quad \text{Ekv. (2.4.6)}$$

En rökastork har strålningsförluster på ca 5% . Detta, tillsammans med den energi som släpps ut med rökgaserna genom skorstenen, ger en total verkningsgrad för torken vid SIA Talloil på uppskattningvis 70%, $\eta=0,70$ (Lindqvist, 2007-Jan-02)

För att beräkna effekten, P, som brännaren skall ha för att kunna torka bränslet används

$$P = \frac{Q_{tot}}{t} \cdot \frac{1}{\eta} [kW] \quad \text{Ekv. (2.4.7)}$$

där t är tiden i sekunder för att torka B_{in} till B_{ut}

2.5. Beräkningar av bränslebehov

Bränslebehovet för torkning av spån beräknas enligt följande:

$$\dot{m}_b = \frac{P}{H_{eff}} [ton / h] \quad \text{Ekv. (2.5.1)}$$

där P är effekten i MW och H_{eff} är effektiva värmevärdet i MWh/ton.

Sedan multipliceras \dot{m}_b med den totala tiden för att producera avsedd mängd bränsle per år. Då fås den totala mängden bränsle som behövs per år.

2.6. Beräkningar av transportkostnader

När beräkningar för olika transportkostnader gjorts, har två olika modeller använts beroende på vilken typ av råvara som transporterats. I de förslag där bark använts som bränsle, har beräkningarna utgått från den snittkostnad för transporter (LVL/km) som tagits fram för SIA Talloil. Denna faktor har sedan multiplicerats med den totala transportsträckan under ett år för att transportera barken till fabriken.

I de fall där ursprunget för bränslet är samma som för pelletsen, det vill säga fuktigt spån, har fabriken totala transportkostnad räknats upp med samma faktor som råvaruåtgången har ökat. Därefter har den ursprungliga transportkostnaden dragits av för att ge transportkostnaden för bränslet.

2.7. Beräknings program och modeller

Alla de beräkningar är som är gjorda för de lösningsförslag som finns redovisade i 5.Resultat är gjorda i Excel, med en modell för varje lösningsförslag. Ekonomiska data för transportkostnader och gaskostnader i dessa modeller kommer från de ekonomiska sammanställningar som finns för SIA Talloil. Denna information kommer inte att redovisas explicit i rapporten.

3. Teori

3.1. Trädbränslen

Trädbränslen definieras enligt Svensk standard 187106 som:

”trädbränsle (inte: träbränsle)

biobränsle från trädråvara som inte genomgått en kemisk process

Trädbränslen innefattar alla biobränslen där träd eller delar av träd är utgångsmaterial,

t.ex.:

Bark, barr, löv, ved samt bränsleråvara från skogs- och trävaruindustrin t.ex.

hyvelspån,

kutterspån, sågspån, torrflis, justerverksflis och frånsåll.

Bränsle av avfallspapper och avlut ingår inte”

(Strömberg 2006)

En stor del av det trädbränsle som används är sågverksrester, vilket beror på att man vid framställning av virke endast använder ca 50% av trädet. Resterande del blir spill i form av råflis, sågspån, torrflis, bark, reducerflis och kutterspån. Dessa går att använda som olika typer av trädbränslen.(Strömberg 2006)

3.1.1. Bränsleegenskaper

3.1.1.1. Värmevärde

Ett bränsles värmevärde är ett mått på hur mycket energi som kan utvinnas ur bränslet vid förbränning. Det finns två typer av värmevärden, det kalorimetriska och det effektiva.

Det kalorimetriska värmevärdet är ”den värmemängd som, per mängdenhet av bränsle, utvecklas då allt det från bränslet härrörande vattnet befinner sig i vätskeform.” (Alvarez 2003). Det vill säga den energi som max går att utvinna från ett absolut torrt bränsle.

De flesta bränslen innehåller en viss mängd vatten som vid förbränning kommer att förgasas och för detta åtgår energi, vilket gör att den möjliga energiutvinningen minskar. För att kunna jämföra olika bränslen oavsett vatteninnehåll finns det effektiva värmevärdet. Detta definieras som den värmemängd som, per mängdenhet av bränsle, utvecklas då allt det från bränslet härrörande vattnet befinner sig i ångform.”(Alvarez 2003)

3.1.1.2. Fukt

Fukthalten hos ett trädbränsle påverkar kvaliteten hos bränslet på så sätt att hög vattenhalt hos bränslet kommer att sänka det effektiva värmevärdet, enligt definitionen ovan. Det kommer också att medföra en större volym rökgaser i form av vattenånga.

Hos biobränslen kan fukt förekomma i tre former:

Bulkvatten, det vatten som finns i partiklar eller som fukt på partiklars yttertor och som inte är kemiskt eller fysiskt bundet till bränslet.

Kapillärvatten, det vatten som finns i bränslets porer och är bundet till bränslet genom kapillärkraften.

Absorberat vatten, det vatten som är starkt bundet till bränslet genom intermolekylära krafter.

(Strömberg 2006)

3.1.1.3. Aska

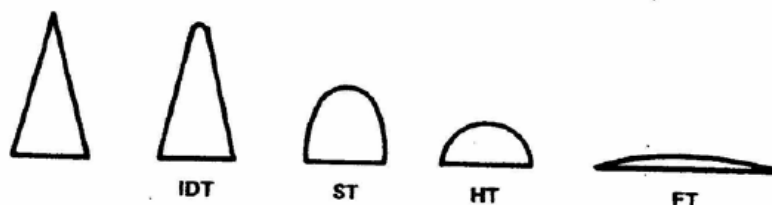
Aska är den del av bränslet som bildar restprodukter som i rumstemperatur är i fast form. Mängden aska varierar mellan olika bränslen. För trädbränslen ligger askhalten någonstans mellan 0,3 till 6 % TS (torrsustans), då är inte returträ medräknat som kan ha en askhalt i vissa fall på närmare 16%.

En stor andel av askan är kiseldioxid, i dagligt tal sand, men även aluminiumoxid och järnoxid är väl representerade. Övriga komponenter i askan varierar mycket mellan olika bränslen, till exempel innehåller färskbiobränslen alkali (kalium, natrium mm). (Wester 2006)

Efter förbränning av ett bränsle benämner man askfraktionerna efter var de återfinns t.ex. bottenaska, flygaska etc. Beroende på vilka ämnen och mineraler som askan innehåller och hur stora mängder aska som finns i bränslet, kan de olika askfraktionerna förorsaka en del problem som kommer av påslag. Dessa bildas genom att askstoff och föroreningar fastnar på någon yta i, eller i anslutning till, förbränningsanläggningen där de ansamlas och eventuellt smälter för att sedan hårdna. Det är inte bara askan som ger upphov till påslag, utan det kan även komma av att en dålig hantering av bränslet har lett till att föroreningar som t.ex. sand har kommit med in i förbränningsprocessen. Detta kan leda till glasliknade påslag. (Wester 2006)(Strömberg 2006)

Askans smälttemperatur har stor påverkan på hur stora askrelaterade problem man får i en förbränningsanläggning. För mätning av askors smälttemperatur används ofta standarden ASTM D1857.(Strömberg 2006) Metoden går ut på att man tar en kon av aska, ställer in denna i en ugn där temperaturen sedan ökas, varvid man studerar smältförloppet. Askans smälttemperatur definieras av fyra stadier:

- Initial deformation (IDT), där konens topp börjar bli rundad.
- Mjukningstemperaturen (ST), spetsen börjar bli rund och höjden = bredden
- Hemisfärisk temperatur (HT), då höjden= halva bredden
- Fluidtemperatur (FT), höjden < 1,6 mm



Figur 4.1. Beskrivning av smältförloppets fyra stadier. Källa: Strömberg 2006

3.1.1.4. Flykthalt

De flesta bibränslen har hög flykthalt. Med detta menas att förbränningen sker efter en betydande uppvärmning och förgasning av bränslet, som sedan leder till att förbränningen sker i gasfas. Hos bränsle som däremot har låg flykthalt sker förbränningen i fast fas i bränslet eller på bränslets yta.

(Strömberg 2006)

3.1.1.5. Elementäranalys

Det är ett sätt för att på teoretisk väg beräkna olika egenskaper hos bränslet såsom värmevärde, rökgasflöden, luftmängd och rökgassammansättning. De ämnen som ingår i analysen är kol, väte och kväve. I de fall där det finns skäl att misstänka att klor och svavel i rökgaserna kommer att orsaka problem bör även dessa analyseras. (Strömberg 2006)

3.1.2. Stamvedsbränslen

3.1.2.1. Flis

Flis är i princip hackad stamved som därför har samma fukthalt som den råa biomassan, ca 50 %. Flisen kan ha en lägre fukthalt om den torkats, då oftast i en flishög som torkats av vind och sol utomhus. Vid torkning utan tillförd värme är det oftast inte möjligt att få en fukthalt lägre än 20 %. Askhalten ligger någonstans mellan 0,2 – 2,0 %. Densiteten varierar med fukthalten och ligger därav mellan 200–400 kg/m³ i ett fukthaltsintervall på 30–50%. (<http://www.novator.se>, 29-Okt-2006)

3.1.2.2. Spån

Spån är ett trädbränsle som uppkommer som en biprodukt från sågverk. Råspån har en fukthalt som ligger runt 50–60 %. Eftersom det är så pass fuktigt och fint sönderdelat råder stor risk för svamp och bakterieangrepp, vilket sänker kvaliteten på bränslet. Det kan därför vara bra att i ett tidigt stadium torka och pressa spånet till pellets för att på så sätt försäkra sig om bränslets kvalitet. (Strömberg 2006)

Spån finns även i form av kutterspån, vilket är en torrare spånprodukt än sågspån. Detta beror på att virket oftast torkas innan det hyvlas.

Spån används inte så ofta som bränsle utan snarare som råvara till förädlade biobränslen såsom pellets eller träpulver.

3.1.2.3. Träpulver

Träpulver är ett förädlad biobränsle torkat till en fukthalt på 10% och nedåt. Det har en kornstorlek på max 1 mm. En viss del av pulvret bör ha en kornstorlek på max 0,2 mm för att flammen i en pulverbrännare skall vara stabil.

(<http://www.novator.se>, 29-Okt-2006) Träpulver har en densitet på ca 200 kg/m³. Askhalten varierar, men ligger ofta runt 0,2 – 0,5 %

Pulvret framställs genom torkning och malning av flis eller spån. Om bränslet transporteras långa sträckor är det oftast i form av pellets som sedan krossas eller mals till pulver.

3.1.3. Barkbränslen

Bark är den del av trädet som ger det ett yttre skydd mot väder, vind och mot olika typer av angrepp från insekter och svampar. På 1 m³ fub ved går det 0,37 m³ bark (Säterberg 2002). Jämfört med andra trädbränslen som t.ex. flis har bark en hög askhalt mellan 1-6%. Den högre askhalten beror till stor del på föroreningar som kommer av vedens hantering innan barkning (Strömberg 2006).

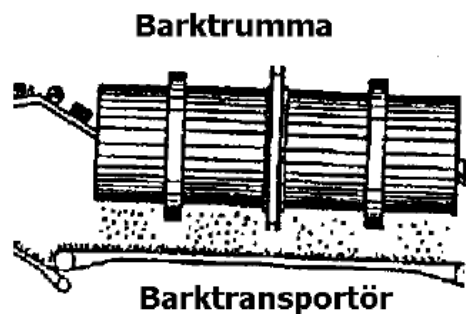
Bark har en ämnessammansättning som är mycket lik stamved (Strömberg 2006). De ämnen som man främst ser högre halter av i barkpellets jämfört med träpellets är krom, kväve, sink, kiseloxid (Nilsson, Personlig kommunikation). Enligt Bränslehandboken är andelen natrium och kalium liknande de som finns i tex. träflis, men på grund av den högre askhalten är mängden av dessa besvärliga alkaliska ämnen större (Strömberg 2006).

Det finns många tekniker för att avlägsna barken från veden. En teknik som används av mindre anläggningar är när barken skrapas av från stocken vilken är beskriven i Figur 4.2.



Figur 4.2 Enstoks barkmaskin. Källa: Säterberg 2001

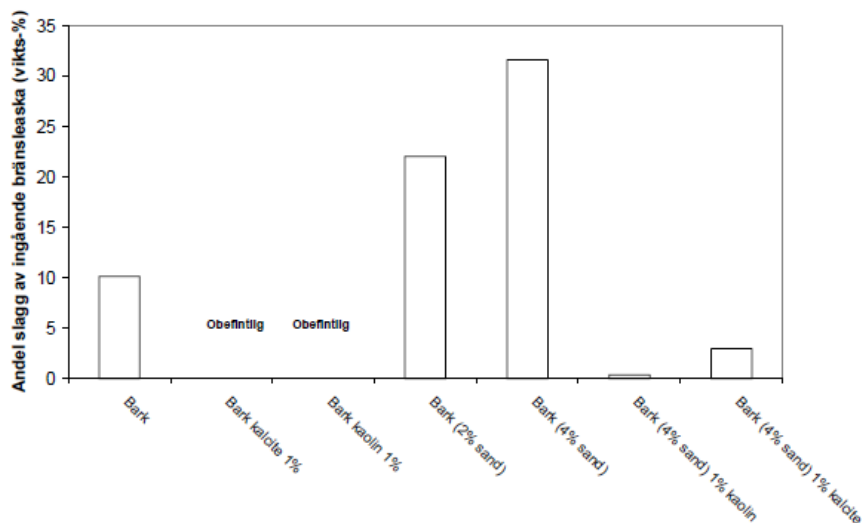
Vid stora anläggningar används oftast barktrummor (se Figur 4.3) för att avlägsna barken från trädstammarna. Genom att trumman roterar slås och gnids stockarna mot varandra och mot järn i trumman.



Figur 4.3 Barktrumma Källa: Säterberg 2001

Att askhalten är så mycket högre hos bark än hos träflis beror till stor del på hur träden hanteras innan de barkas och hur sedan barken hanteras innan den förbränns. Barken blir i princip nedsmutsad av till exempel sand och grus (Säterberg 2002).

Enligt Lindström, Öhman, Bostöm och Boman har kontamineringen av sand i barken stor påverkan på mängden slagg som bildas vid förbränning av sådana bränslen.

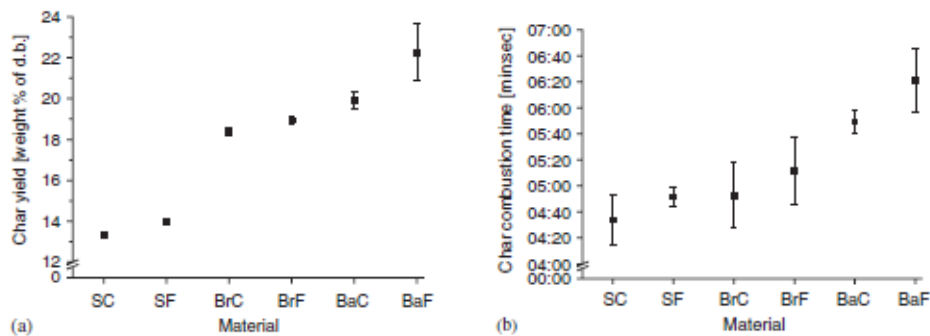


Figur 4.4 Andelen slagg av ingående bränsleaska för olika bränslen.
Källa: Lindström, et al. 2006

Figur 4.4 visar andelen slagg som bildats i eldningsutrustningen uttryckt i vikt% av ingående mängd bränsleaska. Proverna består av barkpellets som kontaminerats med sand, samt icke kontaminerats med och utan additiv inblandning. Förbränningen har skett i en pelletsbrännare med 20 kW effekt, förbränningstemperaturen var uppskattad till 1100 ± 90 °C (Lindström, Öhman, Bostöm och Boman 2006). Resultaten styrker tidigare resonemang om att hanteringen av pelletsen påverkar askrelaterade problem. De visar också på att en

inblandning av additiv som kaolin och kalcite kan minska de askrelaterade förbränningsproblemen.

Det är inte enbart mängden asksmälta som kan vara ett problem vid användning av bark som bränsle, utan även vid vilken temperatur den smälter. Om man har höga andelar aska i bränslet, men smälttemperaturen för askan är hög och inga smältor bildas, blir hanteringen av askan efter förbränningen lättare. Fler förbränningstekniker som är känsliga för asksmältor kan då användas.



Figur 4.5 (a) kolhalten i olika trädslag, (b) kol förbränningstiden för olika trädslag. S: stamved, B: bark, C: kontrollprov, F: gödlat trädslag.

Källa: Rhen, et al. 2006

Enligt Rhen, Öhman, Gref och Wästerlund påverkas kolförbränningstiden hos ett bränsle av kolhalten i bränslet. Det är även så att det är kolförbränningen som utgör den stora delen av ett biobränsles förbränningstid. Detta gör att olika bränslens förbränningstid kommer att variera om samma förutsättningar råder med avseende på tryck, temperatur och partikelstorlek. Bark har en längre total förbränningstid än stamved, vilket även går att utläsa av Figur 4.5, som även visar kolhalten hos de testade bränslena.

Efter diskussion med en av de ovan nämnda författarna, Rhen, har slutsatser dragits om att vid förbränning av trädbränslen påverkas den uppehållstid som bränslet behöver vara i eldstaden för att uppnå fullständig förbränning av kolhalten i bränslet. För att få tillräckliga uppehållstider för fullständig förbränning bör därför kolhalten i bränslet beaktas vid utformningen av eldstaden.

3.1.3.1. Barkflis

Efter barkningen är enskilda barkbitar mellan 1- 2 m långa. Så långa bitar är svårhanterliga. Därför krossas oftast denna bark i en kvarn eller rivare. Bulkdensiteten för bark brukar variera mellan 200 kg/m³ till ca 400 kg/m³. Lägst densitet har den bark som barkats i enstoksmaskiner (Säterberg 2002). Den råa barken har en hög fukthalt ofta närmare 60%.

3.1.3.2. Barkpulver

Barkpulver är i likhet med träpulver förädlad material. Detta är inget vanligt förekommande bränsle och det har därför varit svårt att finna relevant litteratur. Pulvret framställs på samma sätt som träpulver, det vill säga genom att torka och sedan krossa eller mala materialet till en väldigt torr och fin fraktion. Pulvret kan också framsällas genom att krossa barkpellets. Den enda storproduktion av barkpellets i Sverige är vid Södras fabrik i Mönsterås. Deras pellets har ett effektivt värmevärde på 5 MW/ton och en askhalt på 3,6 vikt % / ton (Nilsson, Personlig kommunikation).

3.2. Förbränning

Grunden till att man kan frigöra energi som finns i bränslet via förbränning är att någon av de tre bränslekomponenterna kol (C) eller väte (H) reagerar med syre (O) i en så kallad oxidation. En annan bränslefraktion som också bidrar med energi genom oxidation är svavel (S). Detta ämne är något man i så stor utsträckning som möjligt vill undvika i sitt bränsle då det ger upphov till stora miljöeffekter och korrosionsangrep på förbränningsanläggningen.

Själva förbränningen kan schematiskt beskrivas som att bränslet, en kolväteförening såsom biomassa, förs in tillsammans med en syrebärare i en förbränningskammare där oxidation sker. Syrebäraren är oftast luft. Under oxidationen frigörs energi i form av värme och bränslet har ombildats till vatten (H_2O), koldioxid (CO_2), svaveldioxid (SO_2) samt de kvarvarande oförbrända delarna av bränslet som är aska. (Alvarez 2003)

En förbränningsprocess genomgår fyra delsteg - startfasen, pyrolys, gasförbränning och slutfas (<http://www.novator.se>, 14-Okt-2006). Under startfasen torkas bränslet, det vill säga den fukt som finns i materialet förångas. För detta åtgår energi som tas från omgivningen.

Pyrolysen är den del av förbränningen där de flyktiga delarna i bränslet förångas till gasfas. Vid träbränsleeldning börjar pyrolysen redan vid temperaturer runt 100°C. När bränslet uppnått en temperatur på närmare 350°C är ca 60 till 80 viktprocent av bränslet pyrolyserat. (<http://www.novator.se>, 14-Okt-2006)

Under gasförbränningen oxideras de under pyrolysen förångade gaserna och det är i detta steg som den största delen av den kemiska energin omvandlas till värme. Varje enskild gaskomponent har en specifik tändtemperatur vid vilken den oxideras, till exempel CO oxideras vid 850°C. (<http://www.novator.se>, 14-Okt-2006)

Det som kvarstår av bränslet när alla flyktiga ämnen har pyrolyserats är askan plus koldelen i bränslet, vilken utgör ca 20% av träbränslets ursprungliga vikt. I detta steg reagerar syre med kol inne i, och på bränslepartiklens yta varvid koldioxid och koloxid bildas. Kolförbränningen är långsammare än gasförbränningen.

Hela förbränningsförloppet påverkas av ett antal faktorer som är:

- Fukthalt
- Partikelstorlek (t.e.x. ved, flis, pulver)
- Förbränningstemperatur
- Uppehållstiden
- Andelen luft i förhållande till mängden bränsle samt omblandningen mellan dessa.

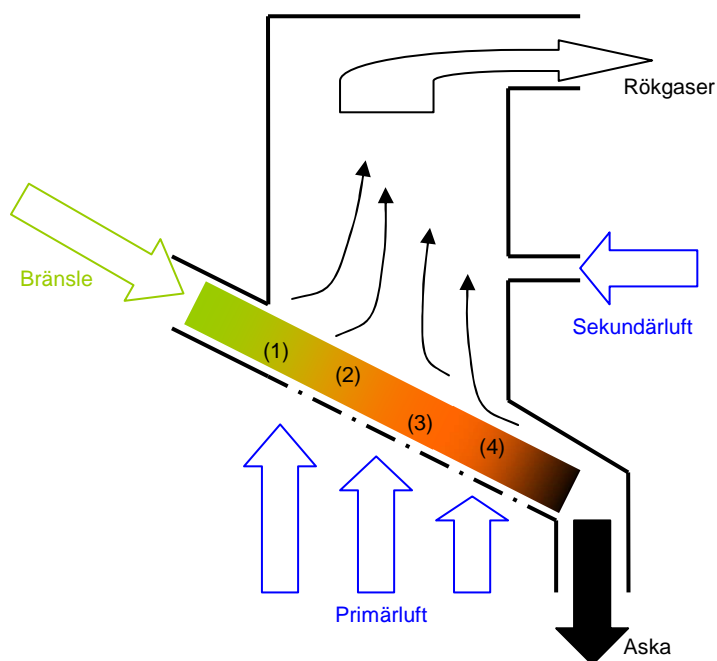
Vid utformning av eldstäder är det viktigt att tänka på förbränningens 3 T, tid, temperatur och turbulens för att kunna uppnå så fullständig förbränning som möjligt. Temperaturen skall vara tillräckligt hög för att alla komponenter i bränslet skall förbrännas. Tiden skall vara tillräckligt lång så att förbränningen hinner ske. Till sist skall turbulensen vara god så att det blir tillräcklig omblandningen mellan bränsle och luft.(<http://www.novator.se>, 14-Okt-2006)

3.2.1. Rostereldning

Rosterugnar är en förbränningsteknik som är mycket vanlig vid koleldning och förbränning av fuktiga biobränslen. Det finns olika typer av rosterugnar som på många sätt skiljer sig i konstruktion och teknik. Ett gemensamt grundkoncept är att i förbränningskammaren passerar bränslet tre faser: torkning, förgasning och förbränning. Var detta sker i ugnen varierar med rosterns utformning och inmatningssystem.(Alvarez 2003)

Den grundläggande konceptet för en roster bygger på att bränslet appliceras på ett galler i nedre delen av förbränningskammaren och att primärluften sedan leds upp genom gallret och pressas genom bränslet. Restvärmen från den fortlöpande processen förångar det vatten som finns i bränslet. Efter detta kan förgasningen ske där de flyktiga delarna i bränslet förgasas och förbränns, vilket ses som lågan ovanför bränslebädden på rostret. Kolet förbränns på rostret, vilket kan ses som den glödande bädden på rostret. Det som sedan återstår är askan, viken rasar ner genom rostret. Ovanför bränslebädden tillförs sekundärluft för att fullständig förbränning av det förångade bränslet skall kunna ske.(Alvarez 2003)(Vares, et al. 2005)

Om man har en mekanisk roster, vilket ofta är lämpligt vid stora anläggningar med en effekt över 1 MW, sker en kontinuerlig rörelse av bränslet genom förbränningskammaren, vilket gör att förbränningens olika faser uppkommer i olika delar av ugnen. När bränslet passerat förbränningsutrymmet återstår endast aska som kan matas ut. (Vares, et al. 2005)



Figur 4.5 Schmatisk bild över en rosterugn. (1) Bränsle matas in och temperaturen i bränslet stiger. (2) När temperaturen uppnår 100 -105 °C kommer bränslets flyktiga delar att börja frigöras (pyrolys), till att börja med främst väte. (3) Bränslet uppnår tändtemperatur 220 – 300 °C och förbränning av rökgaserna sker ovan bränslebädden (4) Temperaturer på ca 900 °C uppnås och större delen av allt kol oxiderats (kolförbränning), därefter återstår mestadels aska som transporteras ut.

3.2.2. Saxlunds biobränsleugn

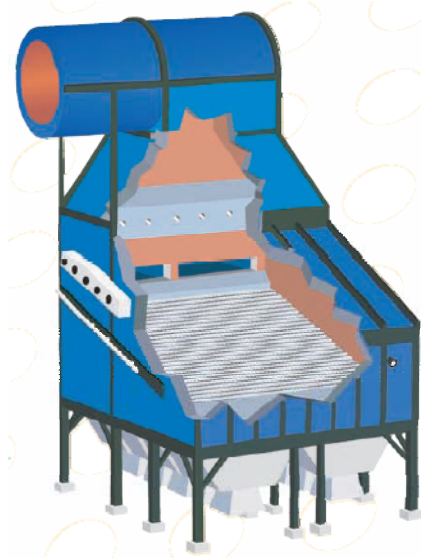
Saxlunds roster är utvecklad i samarbete KTH för att få låga utsläpp av CO₂ och NO_x. Kritiska delar av anläggningen är fabrikstestade innan leverans. Förugnen är konstruerad för att kunna generera värme till flera applikationer samtidigt, såsom pannor och torkar. Konstruktionen är en rörlig snedroster (<http://www.saxlund.se>, 18- dec-2006).

Bränsleinmatningssystemet är konstruerat på ett sådant sätt så att bränsle fördelas jämt över hela rosterytan. Detta för att hela rostern skall bli täckt med bränsle och minska risken för genombränning och okontrollerad lufttillförsel.

Inmatningssystemet designas efter rosterns bredd, bränslets fukthalt, bränslets styckestorlek och önskad kapacitet (<http://www.saxlund.se>, 18- dec-2006).

För att minska CO₂ och NO_x och för att få en god förbränningsverkningsgrad tillförs luft på flera olika ställen i brännkammaren vilket medför en god cirkulation

av rökgaserna. Det sker dels av primärluft genom rosterbädden, men också av sekundärluft på eldstadens sidor. (<http://www.saxlund.se>, 18- dec-2006)



Figur 4.6 Genomskärning av en rosterugn från Saxlund.
Källa: Saxlunds hemsida

Rostern är uppbyggd av rosterstavar gjorda i en kromstållegering och som är lagda i fasta och rörliga rader. De rörliga raderna kan styras hydrauliskt och för bränslet ner längs rostertytan. Hastigheten med vilken bränslet flyttas längs rostern är anpassat till effektbehovet och kan regleras till 1:5 (Vänt, Personlig kommunikation). Rosterblocken kan efter halva livslängden tas loss och vändas, detta för att öka rosterns verkningsgrad och öka livslängden på blocken. (<http://www.saxlund.se>, 18- dec-2006).



Figur 4.7 Roster ytan i en rosterugn från Saxlund.
Källa: Saxlunds hemsida

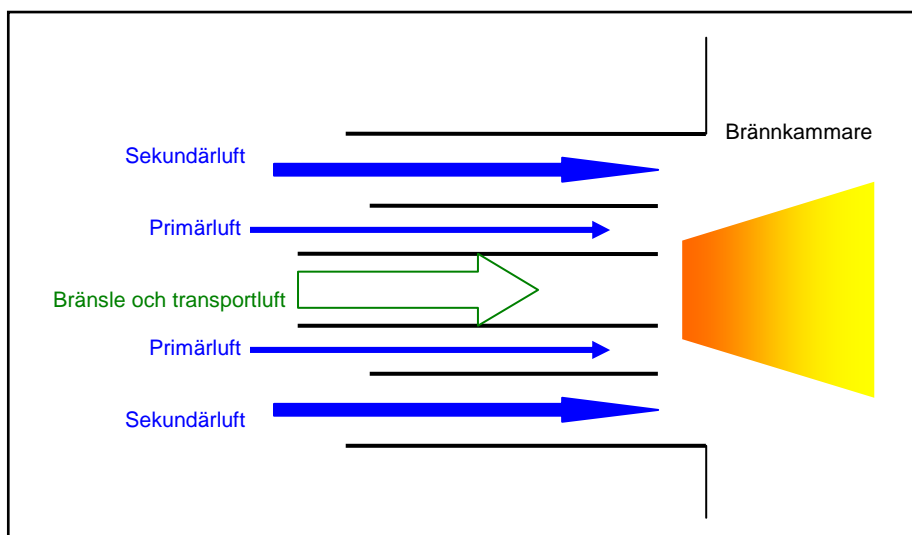
Eldstaden är murad för att isolera och klara av den kraftiga värmen. Detta leder också till att uppstartstiden för en kall ugn är närmare tre dygn för att inte påfrestningen på murningen skall bli för stor. (Vänt, Personlig kommunikation)

3.2.3. Pulvereldning

En annan förbränningsteknik som ofta lämpar sig bra för torra bränslen är pulverbrännare. Detta är en teknik som används mycket inom koleldning och i många avseenden påminner om eldning av gas eller olja.

Grundprincipen är att det pulveriserade bränslet blåses in tillsammans med luft i förbränningsrummet, där det förgasas och förbränns mycket snabbt. Den höga förbränningshastigheten beror till stor del på att bränslet har mycket yta i förhållande till volym och att stor del av bränslet då utsätts för strålningsvärme. Förbränningen kan sedan ske relativt väl då det råder en god blandning av bränsle och luft. Detta leder till att luftöverskottet vid pulvereldning oftast blir litet, vilket bidrar till en god verkningsgrad. (Alvarez 2003)

Bränslepulvret brinner i en låga som går ut från brännare in i brännkammaren. Den luft som tillförs in i förbränningen i samband med bränsleinmatningen är inte tillräcklig för att fullständig förbränning skall ske. Brännarna är därför utformade på ett sådant sätt att luft även blåses in på sidorna av bränslemunstycket in i brännkammaren. Det är också viktigt att det råder rätt proportioner i bränsleluftblandningen så att stabil och snabb tändning kan ske. För att få en så stor omblandning av bränslepulvret och den tillförda luften som möjligt, kan primär- och sekundärluften blåsas in med rotation och även ibland med motsatta rotations riktningar. Genom att variera rotationen på lufttillförseln kan man variera förbränningslågans utformning. (Alvarez 2003)



Figur 4.8: Shematisk bild över en pulverbrännare

3.2.3.1. Multifuel

VTs Multifuel burner (MB) är en pulverbrännare som enligt tillverkaren lämpar sig för både trä-, torv-, bark- och kolpulver. Det går även att förbränna naturgas, diesel och eldningsolja. Brännarna finns i effekter från 0,5 MW till 45 MW. Standard är att det går att reglera effekten 1:4. Inmatning av bränsle sker som för de flesta pulverbrännare med hjälp av transportluft. Mängden transportluft är i denna brännartyp en fjärdedel av mängden bränsle, dvs. ett kg luft transporterar in ca 4 kg bränsle. (<http://www.vts.talioil.se>, 18-Sep-2006)

Varje brännare är designad utifrån de förhållanden som råder på den plats där de skall användas och därför går det endast att en generell bild av konstruktionen. De detaljer och egenskaper som nedan redovisas om VTs Multifuel burner är inte fullt ut gällande för alla brännare av denna modell.(Forss, Personlig kommunikation)

För att få goda förbränningsegenskaper har, som tidigare nämnts (4.2.3 Pulvereldning), pulverbrännare ofta roterande tillförsel av luft. På MB tillförs luft på fyra platser längs brännarens radie: primärluft, sekundärluft, tertiärluft och kvartärluft. Alla dessa luftströmmar sätts i rotation innan de kommer in i brännkammaren. Rotationen uppkommer genom att luften passerar via vinklade ledskenor innan den går in i brännkammaren. Detta gör att det uppkommer virvelströmmar inne i förbränningsutrymmet som förbättrar omblandningen, vilket i sin tur leder till bättre förbränning. En annan anledning till att man vill rotera förbränningsluften är att om den blåstes rakt in i brännkammaren skulle förbränningsflamman bli mycket längre. Genom att rotera luftflödena kortas och breddas flamman. (Forss, Personlig kommunikation)

För att ytterligare öka omblandningen finns en så kallad kona i den yttersta spetsen på pulverinmatningen. Denna har till syfte att leda om bränsleflödet så att det i stället för att tryckas rakt ut i brännkammaren leds 45 grader utåt. På så sätt kommer bränslet att blåsas rakt ut i den roterande primärluften.(Forss, Personlig kommunikation)

De olika förbränningslufternas flöden beror på vilken last brännaren körs på, men primärluften har alltid samma flöde och då vid en hastighet på 125 m/s. De andra luftflödena varierar på ett sådant sätt att maximal förbränning eftersträvas dvs. en låg halt av kolmonoxid i rökgaserna. Det får dock inte tillföras för mycket luft, eftersom flamman då kommer att kylas med dålig förbränning och låg verkningsgrad som följd. Rökgaserna har normalt en syrehalt på ca 3-6%, vilket är ett mått på hur pass bra den tillförda luftmängden är. För hög syrehalt tyder oftast på en för stor tillförsel av luft vid förbränningen.(Forss, Personlig kommunikation)

För att underlätta förbränningen är tertiärflödet av luft till en början större än sekundärflödet. Detta gör att det uppstår ett undertryck i flammans mitt, vilket leder till att varma förbränningsgaser sugas in mot brännarens mitt och på så vis underlättar förgasningen av det nytillförda bränslet, så kallad intern recirkulation av flamman.(Forss, Personlig kommunikation)

Kvartärluften tillförs en bit in i förbränningskammaren för att på så sätt tillföra det syre som behövs i slutet på förbränningsförloppet för att få fullständig förbränning.

Vid eldning av pulver tänds först en gasolflamma i brännaren som sedan används för att tända en oljefflamma som tex. drivs med diesel. När oljefflamman brinner stabilt, vilket normalt sker relativt omgående, startas pulverinmatningen. Olja och pulver kommer då att sameldas under en tidsperiod på ca 40 sek. Under denna tid fasas oljedelen i förbränningen ut och pulverfflamman brinner slutligen fritt från olja (Forss, Personlig kommunikation).

När brännarna används vid torkapplikationer regleras brännarens effekt efter vilken temperatur som skall råda på rökgaserna vid torkens slut. Mängden luft som tillförs via de olika lufttillförselskanalerna är förutbestämt för olika effekter och bränslet matas in i en sådan mängd att rätt effekt upprätthålls. (Forss, Personlig kommunikation)

Det är också möjligt att använda olja, samma som används för att göra uppstarten, för att köra brännaren under normal drift. Det är även så att man kan nå större effekter under oljedrift. Detta kan fungera som en god reservegenskap att utnyttja vid eventuella problem. (Forss, Personlig kommunikation)

3.2.3.2. BioSwirl

Termiska värmeprocesser (TPS) har utvecklat en pulverbrännare, BioSwirl, som kan eldas med ett mer inhomogent bränslepulver och som klarar större kornstorlekar än traditionella pulverbrännare. Den lämpar sig för eldning av olika typer av trädbränslen tex. krossad pellets. Detta minskar energiåtgången för malning, samtidigt som man minskar risken för dammexplosioner. Till skillnad från andra pulverbrännare, som oftast kräver väldigt låg fukthalt hos bränslet för att fungera, klarar BioSwirl ett bränsle med en fukthalt upp till 25%. Den har även ett stort reglerintervall, som enligt tillverkaren går att köra på 20% av installerad effekt. Mängden bränsle som skall matas in regleras utifrån effektbehovet (<http://www.tps.se>, 21-Sep-2006)

Det som skiljer BioSwirl från andra pulverbrännare, är att bränslet pyrolyseras inne i brännaren samt att även kolförbränningen sker här. Detta betyder att endast själva förbränningen av pyrolysgaserna sker inne i brännkammaren. Brännaren har för detta utformats så att det finns vad man skulle kunna likna vid en förgun inne i brännarkonstruktionen. Där matas bränslet in traditionellt med hjälp av transportluft. Sedan tillförs luft tangentiellt inne i brännaren så en luftbränsle cyklon skapas. I detta förmak är temperaturen ca 1100 °C och det råder luftunderskott, vilket gör att bränslet pyrolyseras utan att gaserna förbränns. (Stymne, Personlig kommunikation)

Att bränslet roterar inne i brännaren gör att bränsle med olika kornstorlekar kan användas. Detta får till följd att större bränslekorn kommer att befinna sig längre ut från centrum av cyklonen, på grund av att centrifugalaccelerationen. De kommer därför att ha längre uppehållstid i förgasningen, medan små partiklar väger mindre och därför förgasas fortare. I centrum på cyklonen strömmar det förgasade bränslet

mot brännkammaren och i periferin mellan brännare och brännkammare tillförs mer förbränningsluft för att fullständig förbränning skall kunna ske. (Stymne, Personlig kommunikation)

För att upprätthålla det syrefattiga tillståndet och den höga temperaturen i brännaren sker ofta återföring av rökgaserna efter brännkammaren till brännaren.

Eftersom insidan på BioSwirl brännaren utsätts för relativt höga temperatur är den belagd med värmebeständigt keramiskt material. Detta material är känsligt för snabba temperaturförändringar vilket gör att brännaren får en ganska lång uppstartstid för att inte påfrestningen på brännarens insida skall bli för stor. Som en följd av detta är denna brännare bäst lämpad för baslast eller liknande förutsättningar. (Stymne, Personlig kommunikation)

3.3. Ekonomi

Investeringskalkylen används till att undersöka hur lönsam en investering kommer att vara. Det finns en mängd olika metoder som kan användas beroende på hur investeringen ser ut. I detta arbete används återbetalningstiden och kapitalvärdemetoden.

3.3.1. Återbetalningstiden

Återbetalningstiden avser den tid det tar innan summan av det årliga inbetalningsöverskottet som kommer av investeringen har samma värde som den ursprungliga investeringen. Metoden tar inte hänsyn till någon form av ränta (Nilsson och Persson, 1993).

$$\text{Återbetalningstiden} = \frac{G}{a} \quad \text{Ekv. (3.3.1)}$$

Där G är grundinvesteringen och a är det årliga inbetalningsöverskottet.

3.3.2. Kapitalvärdemetoden

Summan av alla inbetalningars nuvärde ger kapitalvärdet. Om kapitalvärdet är större än noll kommer investeringen att vara lönsam (Nilsson och Persson, 1993).

$$K = -G + a \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \text{Ekv. (3.3.2)}$$

Där K är kapitalvärdet, G är grundinvesteringen, a är det årliga inbetalningsöverskottet, i är räntan och n är den tidsperiod man vill titta på.

4. Anläggningsbeskrivning

4.1. Produkt

Vid SIA Talloil produceras olika typer av träpellets med varierande storlek och råvaruinnehåll.

4.2. Råmaterial

De råvaror som används är främst träspån från sågverk, men också en hel del pinnflis från en egen processlinje för rivning av flis. För produktion av pellets med hög kvalitet används kutterspån från intill liggande träindustrier.

Råvaran har starkt varierande kvalitet, då den i många fall innehåller väldigt stora träbitar, men även grus och tegelsten. Detta sållas bort innan pelletering (se 4.7. Blandkammare och stenficka).

4.3. Brännare

Den brännare som finns för rökgasgenerering till torkningen vid SIA Talloil är en olje- och gasbrännare från det ryska tillverkaren Oilon. Den har i dagsläget en kapacitet på 9 MW. Det bränsle som används är främst naturgas som har ett värmevärde på ca 35 MJ/Nm³. Brännaren har endast en lufttillförsel och den sker tillsammans med gasen, dvs. gasen och luften blandas innan de blåses in i brännkammaren. Eftersom det vid torkning av spån med en rökgastork är nödvändigt att tillföra luft utifrån (se 4.4. Tork), finns det ingen anledning att eftersträva en låg luftfaktor för att uppnå hög förbränningsverkningsgrad. Därför används för denna brännare en luftfaktor på 2, vilket är tillräckligt för att ge fullständig förbränning. (Lindqvist, Personlig kommunikation)

4.4. Tork

För att torka råmaterialet används på SIA Talloil en trestrokes rökgastork från ett okänt märke, troligtvis ryskt. De varma rökgaserna, tillsammans med råmaterialet, släpps in på ena kortsidan. Temperaturen på rökgaserna är här ca 550 °C, vilket kommer leda till en upphettning av råmaterialet. Torkningen går till på så sätt att energi överförs från rökgaserna till vattnet i råmaterialet, vilket leder till att vattnet förångas. Större delen av förångningen sker i början på torken, då det är lägre partialtryck hos vattenången och torkningen kommer att avta allt eftersom vattenångans partialtryck ökar, d.v.s. ången är mindre överhettad (Axby 1999).

Torken har en kapacitet på ca 12-15 ton färdig torkat spån per timme (Lindqvist, Personlig kommunikation), spånet har efter torkning en fukthalt på 8-10%. I dagsläget används endast en kapacitet på 10 ton i timmen, eftersom pelletspressarna inte klarar högre kapacitet (Tjärnén, Personlig kommunikation). För att åstadkomma 10 ton torkat spån åtgår ca 63 m³ fuktigt spån, motsvarande ca 18 ton fuktigt spån med en rådensitet på ca 300 kg/m³.

I torken råder ett undertryck på 16 mbar, vilket kommer av den sugande fläkt som transporterar rökgaserna från brännkammaren genom torken. Den totala mängden gasblandning som går in i torken är ca 47000 Nm³/h, vilket består av 9000 Nm³/h rökgaser från brännaren och 38000 Nm³/h kalluft som blandas in i rökgaserna för att uppnå rätt ingångstemperatur i torken vilket är ca 550 °C. Efter torken kommer gasblandningen dessutom att bestå av det vatten som förångats från trämaterialiet. Detta gör att det utgående volymflödet av gas från torken är ca 57 Nm³/h med en temperatur på ca 70-100 °C (Lindqvist, Personlig kommunikation).



Figur 5.1: Trumtorken på SIA

4.5. Reglering

Regleringen eftersträvar konstant temperatur på rökgaserna efter torken och detta uppnås genom att reglera effekten på brännaren. Värmebehovet kommer att variera utifrån fukthalten på bränslet (Lindqvist, Personlig kommunikation).

4.6. Brännkammare

På SIA TalOil är brännkammaren uppmurad med keramiskt tegel på insidan för att den ska tåla de höga temperaturerna och ha en låg värmestrålning utåt. Det är en relativt kort brännkammare på 6m. Längre behövs inte vid eldning av gas, då det är ganska lätt att uppnå fullständig förbränning vid korta uppehållstider.

Temperaturen i brännkammaren är 1100 °C och det råder ett undertryck på 3 mbar (Lindqvist, Personlig kommunikation).

4.7. Blandkammare och stenficka

Mellan brännkammaren och torken finns en omblandare av rökgaserna från brännaren och kalluft. Detta sker för att gasblandningen, som ska till torken, ska få rätt temperatur. Efter omblandaren finns en stenficka, där spånet som skall torkas tillförs uppfifrån. I stenfickan leds gasblandningen och spånet genom en krök, där dimensionen på röret ökas så att flödes hastigheten sjunker. Detta leder till att stora och tunga fraktioner av spånet inte orkar förbi kröken och faller ner i stenfickan.

Här hamnar också grus, sand och annat skräp som finns i spånet. Hur stora fraktioner som skall komma förbi kröken kan regleras genom att man kan justera diametern i en sluss som finns i stenfickans rör (Tjärnén, Personlig kommunikation).

4.8. Cykloner

För att efter torken kunna avskilja spånet från rökgaserna användes två parallellt anslutna cykloner se Figur 5.2. Dessa är tillverkade av ett lettiskt företag i Liepaja från design gjord av VTS ett företag i Talloil koncernen. I cyklonerna separeras gaserna från det fasta materialet genom rotation där det tyngre, fasta materialet åker utes efter kanterna och tappar fart och faller ner i botten, medan gaserna vandrar upp i mitten och leds ut i cyklonernas överkant. De har en kapacitet att separera 60000 Nm³/h, men i dagsläget är flödet inte så stort utan 55000 Nm³/h separeras (Lindqvist, Personlig kommunikation)



Figur 5.2 Rökgascyklonerna vid SIA Talloils fabrik

4.9. Rökgasfläkt

Den fläkt som suger rökgaserna genom brännkammaren, torken och cyklonerna är rökgasfläkten. Efter torken transporteras även spånet fram och genom cyklonen med hjälp av denna fläkt. Fläkten har en effekt på 200 kW och en kapacitet att suga 60000 Nm³ gas- och spånblandning i timmen. Efter fläkten går gaserna vidare ut genom skorstenen (Lindqvist, Personlig kommunikation).

4.10. Spånhantering innan torken

Råvaran tillförs processen via två inmatningsfickor, Figur 5.3, med stokermatade golv, som matar spånet till en skraptransportör. Därefter transporteras spånet förbi en magnet för att avskilja allt eventuellt metallskrot som kan förekomma i råvaran och sedan transporteras det vidare till ett skivsåll. Rätt fraktioner faller igenom medan stora bitar fortsätter på skivorna och över kanten, ut ur processen och ner i en uppsamlingsficka. Spånet förs sedan till en skraptransportör med buffertkapacitet för inmatning i torken. Buffertkapaciteten är till för att utjämna variationer i spånflödet samt att vid eventuella stopp av anläggningen kunna tömma alla transportörer innan torken för att dessa skall kunna startas utan last (Tjärnen, Personlig kommunikation).



Figur 5.3. Inmatningsfickor

4.11. Spånhantering efter cykloner

I nederkant på cyklonerna finns en transportskruv som vid normaldrift matar materialet till elevatortransportör. Denna lyfter sedan materialet från marknivå till överdelen på en mellanlagringssilo, för att denna skall kunna fyllas ovanifrån. Från silon transporteras sedan råvaran till hammarkvarnen. Alternativt kan spånet efter elevatortransportören föras direkt till hammarkvarnarna. Vid eventuella bränder och fel i torkningen av spånet kan transportskruv under cyklonerna roteras i omvänd riktning för att på så sätt möjliggöra en dumpning av materialet ut ur processen se Figur 5.4.



Figur 5.4 Underkant på cykloner med material dump

Vid produktion av vissa pelletstyper används kutterspån som råvara. De har redan en låg fukthalt när de anländer till anläggningen och behöver därför inte torkas, vilket gör att man kan tillföra denna råvara till processen efter torken

4.12. Hammarkvarn

För att få rätt fraktionsstorlek på materialet som skall pressas till pellets, passerar spånet en hammarkvarn som krossar spånet till en fraktion med en maxstorlek hos materialet på 3-5 mm. Efter kvarnen sugs pulvret till en liten cyklon för att där kunna föras över till en transportör som går till pelletspressarna. Kvarnen är av typen Matador och har en kapacitet på 10 – 12 ton/ h (Tjärnén, Personlig kommunikation).

4.13. Ånggenerator

Vid pressningen tillförs ånga för att höja temperaturen på materialet och öka bindningsförmågan hos trämaterialiet, detta för att slippa tillsatser för att få pelletsen att hålla ihop. Det är på grund av denna värmetillförsel som man vill ha en spåntillförsel till hammarkvarnen utan mellanlagring i silo. Mellanlagring i silo medför värmeförluster som måste ersättas innan pressning. (Tjärnén, Personlig kommunikation).

4.14. Pelletspressar

De pressar som används vid SIA Talloil är av typen Matador M30 och klarar 3,5 ton pressat material i timmen per press. De tre pressarna har då en total kapacitet på 10,5 ton/h, vilket gör att pressarna är den begränsande faktorn för anläggningens kapacitet.

Pressningen går till på så sätt att det krossade råmaterialiet pressas ut genom en cylindrisk matris som är perforerad med hål. Dessa är dimensionerade efter den önskade pelletstorleken. Materialet pressas genom matrisen med hjälp av valsar som roterar på den cylindriska matrises insida (Tjärnén, Personlig kommunikation).

4.15. Kylare

För att pelletsen efter pressning skall härda samman bättre och inte falla sönder, kyls den ner till rumstemperatur. När pelletsen kommer in i kylaren som finns på SIA TallOil har den en temperatur på ca 60 °C och kyls till 30 °C. Varför man inte kylvärkraftigare beror på att kylaren i dagsläget är underdimensionerad.

Kylningen går till så att kall luft blåses upp genom en bädd av pellets. Luften för med sig ett fint pulver av trämaterial som är en rest från de olika stegen i processen. Detta träpulver återförs till processen innan hammarkvarnen (Tjärnen, Personlig kommunikation).

4.16. Finfraktion avskiljning

Efter kylningen transporteras pelletsen till ett såll där det material som inte pressats ordentligt, faller isär och sållas ut. Detta är den så kallade finfraktionen (till vänster i Figur 5.5) och denna återförs till processen innan pelletspressarna (Tjärnen, Personlig kommunikation). Sållat är idag för litet för den nuvarande produktionen, vilket gör att en del av finfraktionen följer med pelletsen vidare till lagret.

Finfraktionen tillsammans med detta träpulver utgör ca 20% av det torra råmaterial som tillförs processen.



Figur 5.5 Tillvänster finfraktion från kyllaren. I mitten spån kros efter hammarkvarn. Till höger avsäll från pelletssåll.

4.17. Lager och logistik

Det lager som finns på fabriksområdet har en yta på ca 1200 m². På kortsidorna och ena långsidan av lagerområdet finns väggar som är ca 4 m höga. Detta medför att man uppskattningsvis skulle kunna lagra 4000 m³ där. Denna lagerplats är belägen i anslutning till inmatningsfickorna för råmaterialinmatningen. Detta innebär att denna plats används för lagring av det råmaterial som dels köps in från intilliggande leverantörer, men som även kommer från egen rivningslinje för flis till pinnflis.

Cirka 200 m från fabriken finns ytterligare ett lagerområde, där det finns utrymme för uppskattningsvis 5000 m³. Detta används idag dels för lagring av spån, men även för lagring av avsäll från rullsåll och stenficka.

Den färdiga pelletsprodukten fraktas ca 8 km från fabriken med traktor till en kombinerad mellanlager- och hamnplats för vidare transport. Detta område ägs och drivs av företaget BTC. Det är även på detta område som SIA TallOil har sin processlinje för rivning av flis till pinnflis som nämnts ovan.

För transport av råmaterial till fabriken används fyra lastbilar utrustade med containerlyft. Varje container rymmer ca 35 m³s spån eller pinnflis, vilket gör att det måste anlända minst två containrar i timmen för att upprätthålla fabriken behov av spån som är ca 63 m³ per timme.

4.18. Utnyttjandegrad

Fabriken har i dagsläget en utnyttjandegrad på ca 40–50 %, men har som mål att inom en snar framtid vara uppe i 70 %. Den låga utnyttjandegraden beror till stor del på råvarubrist och att personalen inte vant sig vid de omstruktureringar som gjorts det senaste året. För att öka utnyttjandegraden arbetar man med att minska underhållstiden från 8 till 4 timmar per vecka. Detta skall ske genom att effektivisera underhållsarbetet.

4.19. Ekonomi

4.19.1. Driftstopp

Ett driftstopp vid fabriken kostar ca 1000 € per timme (Rhen, Personlig kommunikation)

4.19.2. Gaskostnader

Kostnaden för den naturgas som åtgår, dels till värmegenerering till torken och dels till ånggenereringen är 4,5 LVL (Lettisk valuta) per ton producerad pellets. Detta är ett medelvärde beräknat utifrån gasförbrukningen för månaderna maj till oktober 2006. Det finns inga separerade mätningar av gasförbrukningen för de två användningsområdena. Utifrån effekterna på de två brännarna uppskattas kostnaden för värmegenereringen vara 80 % av den totala gaskostnaden. Detta ger en gaskostnad för värmegenereringen på 3,6 LVL per ton producerad pellets.

4.19.3. Råvarukostnader

Kostnaden för fuktig spånråvara är i dagsläget 4 LVL per m³ (Dukstenieks, Personlig kommunikation)

4.20. Flödesschema

Flödesschema över hur fabriken ser ut idag finns i Bilaga A.

5. Resultat

5.1. Bränslen

Eftersom träpulver och träflis är bränslen som vanligtvis används i de förbränningstekniker som utvärderats, har tyngdpunkten på utvärderingen av lämpligt bränsle här lagts på bark.

Bark är på många sätt mycket likt bränslen som kommer av stamved. Dock finns det egenskaper hos bark som innebär att det krävs att vissa aspekter av förbränningen och bränslehanteringen noggrant beaktas. Dessa egenskaper är askhalt, alkali (kalium och natrium), förbränningstider och fraktionsbildning under hanteringen.

Den ofta höga askhalten hos bark tillsammans med höga halter av alkali kan leda till att man får problem med att askan smälter vid låga temperaturer. Detta kan i sin tur ge upphov till sintring av askan.

För att få asksmältegenskaper hos ett barkbränsle som har varierande råvarukälla och träslagssammansättning, togs kontakt med Södras pelletsfabrik i Mönsterås. Se **Tabell 5.1**. Dessa värden framstår som väldigt höga, men efter diskussion med Mauritz Nilsson på Södra, framkom att deras bark våthanteras innan trumbarkning vilket ger en minskning av askbildande ämnen.

Tabell 5. 1 Asksmältemperaturer för olika pelletstyper

	Barkpellets Mönsterås	Träpellets Leipaja
IDT	1430 °C	1230 °C
ST	1580 °C	1250 °C
HT	1590 °C	1260 °C
FT	1590 °C	1270 °C

För de data som kommer från SIA Talloil så är dessa tester utförda innan stenfickan före torken installerades, vilket säkerligen har minskat andelen föroreningar i det spån som pressas till pellets. Detta bör ha medfört högre asksmält värden.

Då det inte gått att finna relevant litteratur rörande förbränning med barkpulver, togs kontakt med Öresundskraft och Smurfit Kappa Kraftliner. Dessa två företag använder barkpulver i olika förbränningsapplikationer.

På Öresundskraft eldas barkpulver som bränsle i Helsingborgs kraftvärmeverk. Eldningen sker i en modifierad kolkpulverpanna. Råvarukällan är barkpellets från bland annat Södras pelletsfabrik i Mönsterås, men även barkpellets importerad från USA eldas. Barken förbränns i 8 st 30 MW brännare och flamtemperaturen ligger runt 1200 °C. Askan bildar en smälta genom förbränningen men detta leder inte till några driftproblem, eftersom anläggningen ursprungligen är byggd för förbränning av kol med högre askhalter än barkens 3 %. Jämfört med träpulver som också

eldas, är barken mer lättmalen, men askmängderna blir större och högre kväveoxidföreningar fås i rökgaserna. (Kenet Ekensten, Personlig kommunikation)

Vid Smurfit Kappa Kraftliner i Piteå maler man och torkar barkpulvret i egen anläggning. Råvaran kommer från pappersbrukets renseri där rundved barkas i en barktrumma. Innan torkning har barken en fukthalt på ca 60%. Torkningen sker i samband med malning, då rökgaser från barkpannan samt en sodapanna förs in i kvarnen och på så sätt torkar barken. Pulvret har en temperatur på ca 130 °C när det lämnar kvarnen och en fukthalt lägre än 1 %. Förbränningen sker i en modifierad sodapanna, barken blåses in genom ett rör in i eldstaden där en oljefflamma ständigt brinner. Inmatningen av bark in i eldstaden är belägen 10 m ovanför ett rostergolv där tunga och oförbrända partiklar faller ner och där fullständigt förbränns. Det är max 1 % av bränslet som inte är fullständigt förbränt innan det landar på rosterytan för att matas ut som aska. Ingen smälta bildas av askan, utan den faller ner som osmält bottenaska. Barkpulvret som eldas är mycket fint, 90 % har en partikelstorlek under 2 mm och 70-80 % har en partikelstorlek under 0,5 mm. (Urban Lundmark, Personlig kommunikation)

Sammantaget visar ovan nämnda erfarenheter att eldning med barkpulver är fullt möjligt. Det är dock svårt att avgöra hur pass mycket askrelaterade problem som kommer att uppkomma.

5.2. Tekniker

5.2.1. Pulverbrännare

BioSwirl är en pulverbrännare som har en del egenskaper och tekniska lösningar som skulle komma mycket väl till pass vid en konvertering av SIA Talloil till pulvereldning. Det är främst det faktum att den klarar relativt stora partikelstorlekar på pulver. Detta gör att man minskar den risk som finns för dammexplosioner om pulverbränsle måste malas finare. Det leder också till minskade behov av investeringar i kvarnar för pulvermalning.

Eftersom en BioSwirl har den speciella konstruktion som den har, med en förugn där pyrolysen sker (se 4.2.3.2. BioSwirl) och som leder till hög temperatur inne i brännare, föreligger troligen risk för asksmältor i brännaren om bränslet har hög askhalt och låg ask smälttemperatur. Sådana smältor kan leda till dåliga förbränningsegenskaper, tekniska problem och försämrad tillgänglighet.

Multifuelbrännaren är en konverteringslösning som skulle kräva extra utrustning i form av en kvarn. Detta gäller oavsett vilket bränsle som används, eftersom brännaren kräver väldigt fint pulver. Man måste även anpassa anläggningen för hantering av damm för att undvika dammexplosioner. I övrigt förefaller denna brännare som en stabil teknisk lösning, som dessutom är lätt reglerad och snabbstartad.

Båda pulverbrännaralternativen har goda möjligheter till eldning med stödbränsle så som naturgas eller dieselolja. Detta är en mycket god egenskap om det skulle

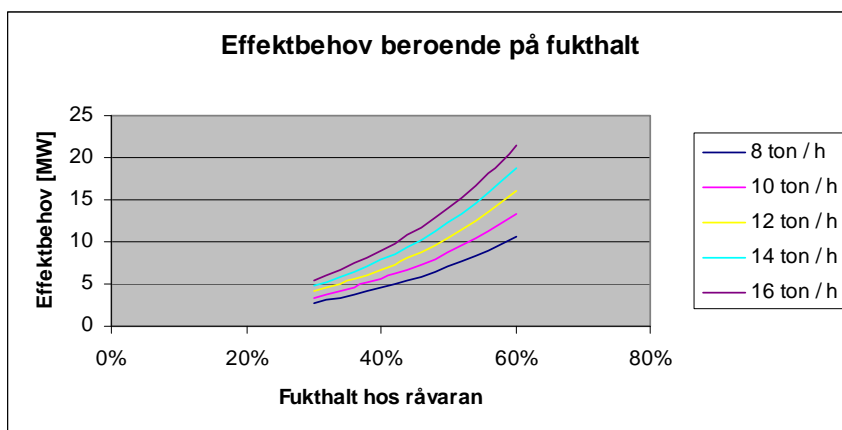
råda extrem råvarubrist eller om man skulle få tekniska problem med pulverframmatningen

5.2.2. Rosterugn

Att elda träflis eller barkflis på en roster är en väl använd teknik för värmegenerering för rökgastorkning. Saxlund har även levererat rosterugnar till andra pelletsanläggningar. Bränsle med höga askhalter brukar inte leda till några större problem på själva rostern, då askan faller av i slutet på rostern. Om man har en väl dimensionerad askutmatning förefaller inte hög askhalt hos bränslet utgöra några problem.

5.2.3. Torkeffekter

Den effekt som förbränningsanläggningen ska varat designad för att leverera varierar beroende på hur stort material flödet är genom torken och hur pass fuktigt materialet som skall torkas är när det når torken, samt till vilken torrhalt det skall torkas.



Figur 6.1 beskriver hur stort effektbehov som behövs för att torka ett visst materialflöde till en fukthalt på 12 % beroende på ursprunglig fukthalt. Dessa kurvor gäller för en utomhus temperatur på 0 °C och en torkverkningsgrad på 70%.

5.3. Lösningsförslag

5.3.1. Multifuel brännare eldad med barkpulver

En lösning för bränsle- och förbränningskonverteringen vid Talloils pelletsfabrik i Liepaja skulle kunna vara en Multifuel burner från VTS som eldas med bark.

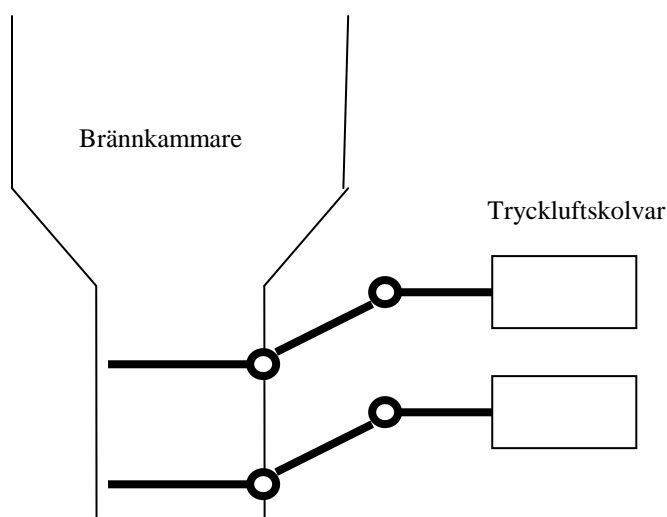
5.3.1.1. Förbränning och värmegenerering

Stora modifikationer kommer att behöva göras på den del av fabriken där värmegenereringen och torkningen av råmaterialet sker. Detta för att den brännkammare som i dag används har för liten volym för trädbränsleeldning, samt att eldning med bark medför en del anpassningar på grund av det höga askinnehållet.

Att elda pulverbark i en Multifuel brännare är inte beprövat, men efter diskussioner med Björn Forsberg, Manne Forss och Leif Lindqvist som alla har erfarenheter av utveckling och användning av denna brännare, framstår det som fullt möjligt med bark som bränsle ur förbränningstekniskt synvinkel. Detta eftersom bark till sin sammansättning och förbränningsegenskaper, bortsett från hög askhalt, är mycket likt andra trädbränslen. Multifuel brännaren är så konstruerad att ingen förbränning sker inne i brännaren, utan allt sker i brännkammaren vilket gör att om en eventuell asksmälta skulle bildas kommer den inte att påverka brännaren. Den höga askhalten skulle kunna leda till ett högre slitage i jämförelse med träpulver.

För att hantera det stora askinnehållet i bränslet bör brännare och brännkammare vara vertikaltmonterade. Detta för att askan skall falla genom brännkammaren och på så sätt hamna i botten för att där kunna matas ut. I det fall brännkammaren monteras horisontellt kommer askan att lägga sig på botten och en avancerad askutmatning i brännarens längdled måste då installeras. Det är därför lättare att vertikaltmontera brännkammaren och därigenom mata ut askan på dess kortsida. Själva utmatningen av aska skulle sedan kunna ske genom att brännkammaren smalnar från cylinderformad till en kon och på så sätt samlar den fallande askan i botten. Där kan den sedan matas ut via slussar liknade dem som finns på BioNorr.

Askutmatningen skulle då ske via två luckor som öppnar sig med hjälp av tidsstyrda tryckluftskolvar. Scenariot kan beskrivas på följande sätt. Efter att förbränningen fortgått under en tid öppnas den övre luckan och askan faller ner till den undre luckan. Därefter stängs den övre lucka och den undre öppnas. Askan är nu ute ur förbränningen och kan tas om hand på lämpligt sätt med en skruv eller manuellt. Det kan behövas en viss tillförsel av vatten, då det råder en viss risk att en del partiklar fortfarande brinner (Swedin, Personlig kommunikation).

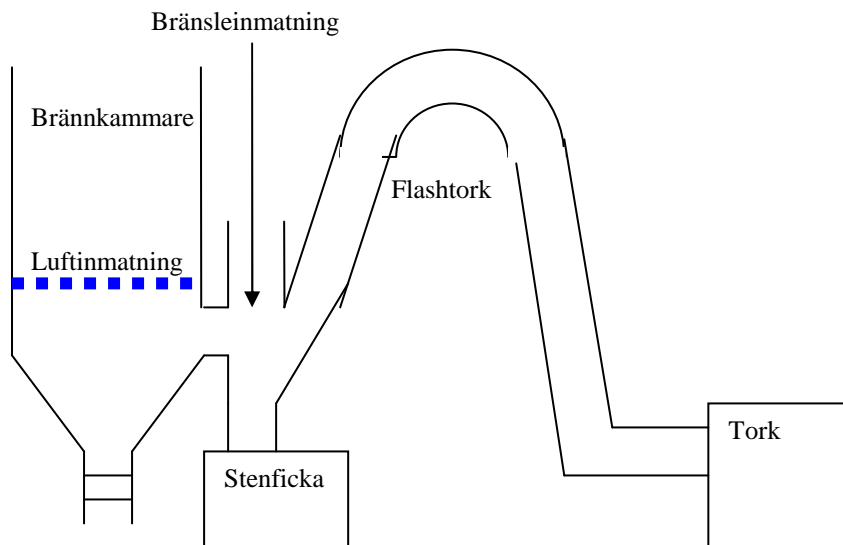


Figur 6.2 Schematisk bild över askutmatning på en vertikaltmonterad brännkammare.

I nederkanten på brännkammaren skulle sedan luft utifrån tillföras för att sänka gastemperaturen ner till lämplig nivå innan torken. Den är idag ca 550°C. Eftersom det måste tillföras luft till rökgaserna efter förbränningen, finns det ingen anledning att eftersträva en låg luftfaktor för att upprätthålla en god verkningsgrad vilket eftersträvas vid till exempel ett värmeverk. Man kan därför tillföra så stora luftmängder i förbränningen att fullständig förbränning uppnås. Detta medför även att man får en relativt låg flamtemperatur vilket är positivt vid förbränning av bränslen med hög askhalt, eftersom det minskar risken för asksmälta.

Gasblandningen av rökgaser och kalluft skall sedan ledas ut till torken. Eftersom torken är i marknivå och brännkammaren kommer att vara belägen en bit ovanför marken på grund av att plats måste lämnas för askutmatningen, finns här en viss höjdskillnad mellan de olika installationerna. Mellan brännkammare och tork skall även den råvara som skall torkas tillföras. För att lösa detta bör en flashtork med en stenficka installeras.

När gasblandningen leds ut ur brännkammaren släpps råmaterialet ner i gasströmmen ovanifrån. Hela blandningen av råmaterial och gas leds sedan i ett rör med stor innerdiameter i brant lutning uppåt. Detta för att stora partiklar i råmaterialet och eventuella tunga askpartiklar från brännkammaren ska falla ner i en stenficka belägen i nederkant på flashtorkens början. Röret som är själva flashtorken böjs sedan av nedåt för att leda råmaterial och gaser till trumtorken. I flashtorken kommer materialet och gasblandningen att omblandas kraftigt på grund av turbulens. Detta gör att torkningen av råmaterialet till viss del redan börjat när materialet når trumtorken. Den ytliga obundna fukt som finns i materialet har förångats i flashtorken, vilket gör att det kommer att vara en lägre temperatur på gaserna som kommer till trumtorken gentemot om det inte funnits någon flashtork. Detta leder till att minskade påfrestningar på trumtorken i form av värmespanningar (Lindqvist, 2-Nov-2006).



Figur 6. 3 Schematisk bild beskrivande värmegenereringssystemet vid användning av en Multifuel brännare.

5.3.1.2. Materialflöden på fabriken

Om barkpulver ska användas som bränsle, förutsätter detta att anläggningen producerar sitt eget barkpulver. Detta skulle kunna göras i kampanjer, så att en viss del av produktionstiden går åt till att torka bark. Under denna tid skall det finnas ett spånlager som används för att upprätthålla pelletsproduktionen. Det förutsätter att det under normal produktion av pellets råder en överproduktion av torkat spån som kan lagras och användas för pressning vid torkning av bark.

Kampanjproduktion av bark kräver en del extra utrustning till fabriken. För att på ett smidigt sätt hantera det extra barkflödet skulle ytterligare en inmatningsficka installeras för inmatning av bark. Under torkning av det egna bränslet skulle då barken matas från denna ficka, via de vanliga flödesvägarna genom torken, för att sedan gå till hammarkvarnen. Efter hammarkvarnen skulle sedan den torkade barken föras ut ur huvudbyggnaden för att lagras i en silo. Därefter kan barken kontinuerligt malas till fint pulver under drift innan inmatning i brännaren. Varför malningen till pulver skall ske avskilt från övriga torkade trädmateriel är för att undvika stora bränder eftersom det vid pulverhantering finns risk för dammexplosioner.

Spånflödet modifieras genom att den silo, som i dag finns för lagring av torkat spån före hammarkvarnen, används för lagring av det spån som skall användas för pelletsproduktion under den tid som barken torkas. Eftersom lagringen sker efter det att spånet gått igenom hammarkvarnen måste en del transportörer modifieras. Detta är nödvändigt på grund av att hammarkvarnen även skall användas vid produktion av barkpulver.

5.3.1.3. Beräknade resultat

För produktion av 10 ton pellets i timmen skulle följande energibalans beräknats med barkpulver som bränsle.

Tabell 6.2 Beräknade resultat vid torkning av bark

Torkning av bark	
Barkflöde ut ur torken	12 ton/h
Barkflöde in i torken	24,5 ton/h
Fukthalt på barken in i torken	55 %
Fukthalt på barken t ur torken	8 %
Mängd avdunstat vatten	12,5 ton
Torkverknings grad	70 %
Effektbehov	14,0 MW
Tid för torkning av bark	2,2 h / 12 h

Tabell 6.3 Beräknade resultat vid torkning av spån

Torkning av råmaterial pellets	
Spånflöde ut ur torken	12 ton/h
Spånflöde in i torken	20.0 ton/h
Fukthalt på barken in i torken	50 %
Fukthalt på barken t ur torken	12 %
Mängd avdunstat vatten	9,1 ton
Torkverknings grad	70 %
Effektbehov	10,4 MW
Tid för torkning av råvara	9,8 h / 12 h

5.3.1.4. Logistik

Ett sätt att lösa bränsle hanteringen är att varje skiftlag producerar sitt eget bränsle. Detta skulle medföra att vid en produktion på 60000 ton pellets per år skulle det behövas 157 m³ råbarkflis per 12 h. Detta skulle motsvara 2,3 lastbilstransporter inklusive släp om varje transport kan bära 70m³. Denna transport skulle komma från hamnlagret på BTC där SIA TallOils rundvedslinje skulle vara placerad. Detta skulle innebära en transportlängd tur och retur på 16 km. Eftersom transporterna främst sker på dagtid är det alltså totalt 5 turer per dygn.

För att kunna säkerställa tillgången på bark vid, till exempel transportproblem, bör lagret av bark vid fabriken räcka i fem dygn. Detta skulle då motsvara 1620 m³s vilket är fullt möjligt att lagra på någon av de två lagerplatserna vid fabriken, vilka rymmer 4000 m³ respektive 5000 m³.

5.3.1.5. Ekonomi

Tabell 6.4 Kostnaderna för de olika delarna i investeringen

Delar i investering	Tusentals kr
Brännare inkl. reglersystem	3000
Brännkammare	2500
Kvarn	500
Silo	250
Inmatnings ficka	2000
Flashtork	1500
Totalt	9750

Till denna investeringskostnad kommer även kostnader för driftstopp, vilket för denna ombyggnad och konvertering uppskattas till 3 veckor, med en kostnad på 4,6 Mkr.

Kapitalvärdet för denna investering vid ett års produktion på 60000 ton pellets är 5145719, med en kalkylränta på 12% och en teknisk livslängd på 10 år. Återbetalningstiden utan hänsyn till ränta är 4,2 år och med hänsyn till ränta 6,1 år.

5.3.1.6. Flödesschema

Se Bilaga B

5.3.2. *BioSwirl eldad med träpulver*

5.3.2.1. Förbränning och värmegenerering

Det träpulver som i detta fall skall eldas kommer i form av avsåll och finfraktion (se **4.16. Finfraktion avskiljning**). Det skulle ha samma egenskaper som den pellets som produceras vid fabriken. Eftersom SIA TALLOils pellets eldas i BioSwirl brännare vid till exempel Karlshamn, finns det inget som tyder på att det finns några driftsvårigheter på grund av bränslet.

Brännkammaren skulle vara horisontellt monterad och placerad på samma ställe som idag. Vid eldning med träpulver för torkning av spån till pelletsproduktion brukar det inte finnas system för askhantering. Den lilla mängd aska som finns följer med rökgaserna.

Blandkammaren skulle kunna vara utformad som den som finns på fabriken i dag, det vill säga med stenficka och kalluftstillförsel.

5.3.2.2. Materialflöden på fabriken

Denna lösning skulle vara uppbyggd på ett sådant sätt att det träpulver som tas ut vid pellets kylaren, och som faller ur pelletssållet, skulle fungera som bränsle. Detta är en vanlig metod på olika pelletsfabriker, till exempel Neovas fabrik i Felingshem. Detta pulver är ca 20% av den träråvara som stoppas in i processen. I dagsläget återförs den in i processen (se 5.3.2.6 Flödesschema), vilket gör att om man använder det som bränsle uppstår en produktionsförlust. För att lösa detta måste mer ca 20% spånråvara torkas, så att den maximala produktions mängden upprätthålls.

Bränslet förs i stället till en doserbehållare som är beläggen i anslutning till brännaren. Det behövs heller inga kvarnar för vidare bearbetning av bränslet, eftersom det är mycket likt krossad pellets som normalt eldas i en BioSwirl.

Hela bränslehanteringen skall vara kontinuerlig och det behöver inte ske några stora upplagringar av träpulver. Det enda lager av träpulver som skall finnas, är i doserbehållaren. Denna bör rymma ca 15 min bränslebehov.

5.3.2.3. Beräknade resultat

För produktion av 10 ton pellets i timmen har följande energibalans beräknats med träpulver.

Tabell 6.5 Beräknade resultat vid torkning av spån

Torkning av råmaterial pellets	
Spånflöde ut ur torken	12,3 ton/h
Spånflöde in i torken	21,6 ton/h
Fukthalt på barken in i torken	50 %
Fukthalt på barken t ur torken	12 %
Mängd avdunstat vatten	9,3 ton
Torkverknings grad	70 %
Effektbehov	10,7 MW

5.3.2.4. Logistik

I detta lösningsförslag rör det sig endast om en 20-procentig ökning av den råvara som används för pellets produktionen. Samma ökning gäller transporter och lagerbehov. Beräknat utifrån det bränslets värmevärde skulle det gå åt 1,2 m³s spån per ton pellets för värmegenereringen. Detta skulle motsvara 288 m³s spån per dygn, vilket skulle innebära ca 4,1 lastbilstransporter extra per dygn.

5.3.2.5. Ekonomi

Tabell 6.6 Kostnaderna för de olika delarna i investeringen

Delar i investering	Tusentals kr
Brännare inkl. reglersystem	3000
Brännkammare	1500
Doser behållare	200
Totalt	4700

Till denna investeringskostnad kommer även kostnader för driftstopp som för denna ombyggnad och konvertering uppskattas till 3 veckor, med en kostnad på 4,6 Mkr.

Eftersom bränslet i detta fall måste köpas in och transporteras som råvara, och med rådande gaspris, blir den rörliga kostnaden högre än de rörliga kostnader som i dagsläget gäller i samband med gaseldning. Detta gör att man genom denna investering kommer att få ökade kostnader på 1726 t kr per år. Därför har inga vidare investeringskalkyler gjorts.

5.3.2.6. Flödesschema

Bilaga C

5.3.3. Rosterugn eldad med barkflis

5.3.3.1. Förbränning och värmegenerering

Det finns två lämpliga sätt att bygga upp det tekniska systemet runt torken och effekteregleringen för torkprocessen. Det ena skulle vara att producera rökgaserna i förugnen, för att sedan med tillförsel av uteluft, sänka temperaturen till lämplig torktemperatur likt det system som finns i Liepaja idag. Om detta system används är det lämpligt att reglera torkkapaciteten genom att reglera flödet av material genom torken. Detta beror på att en rosterugn inte kan effekteregleras lika snabbt som till exempel en multifuel brännare. Det vill säga att när man har hög fuktighet på det material som skall torkas, matas mindre material in i torken. Rosterugnen körs alltid på full effekt.

Det andra alternativet skulle inkludera rökgasåterföring av rökgaser efter torken. Dessa återförda rökgaser skulle då användas för att sänka temperaturen på de rökgaser som går in i torken. Ingen extra kalluft skulle tillföras förutom den som tillförs som förbränningsluft i förugnen. Torkeffekten regleras sedan genom styrning av hur mycket rökgaser som skall återföras. Det vill säga om det material som skall torkas har hög fukthalt, minskas mängden återförda rökgaser och ett större flöde tas från förugnen, vilket medför en högre ingående torktemperatur. I detta lösningsalternativ är det viktigt att sträva efter att få en bra verkningsgrad på förbränningen och låg luftfaktor i förugnen. En för hög syrehalt i rökgaserna före torken skulle kunna leda till bränder i systemet, på grund av att finfraktionerat torkat spånmaterial finns i de recirkulerade rökgaserna.

Ugnen behöver inte nödvändigtvis placeras i anslutning till torken., utan en murad rökgaskanal kan användas för att transportera rökgaserna till blandningskammaren. Denna kanal fungerar även som en förläggning av eldstaden, vilket motverkar gnistbildning i anslutning till torken. Detta är en metod som används vid Lantmännens fabrik i Norberg.

Blandningskammaren skulle vara placerad som i dag, i anslutning till torken. Den skall även ha en stenficka, så att sand och stora spånfraktioner i pelletsråvaran sällas ut.

En Saxlundsroster för eldning av barkflis av denna typ är designad för ett bränsle med en fukthalt på mellan 35- 60 % och rosterytan beräknas utifrån på 1,630 MW per m³.

5.3.3.2. Materialflöden på fabriken

Övriga delar av fabriken behöver inte ändras med denna förbränningslösning, utan materialflödena i pelletsproduktionen kan se ut som idag.

En rosterugn från Saxlund för produktion av rökgaser med en termisk effekt på 10 MW skulle ha en reolyta med bränsleinmatning, och askhantering på uppskattningsvis 10x15 m, vilket är en mycket skrymmande yta med tanke på Liepajafabrikens tomtutformning. Ugnen bör lämpligen vara placerad på sådant sätt så att inmatningen av bränslet lätt kan göras med samma fordon som används för påfyllning av pelletsråvaran.

5.3.3.3. Beräknade resultat

För produktion av 10 ton pellets i timmen har följande energibalans beräknats med barkflis som bränsle.

Tabell 6.7 Beräknade resultat vid torkning av bark

Torkning av råmaterial pellets	
Spånflöde ut ur torken	10 ton/h
Spånflöde in i torken	17,6 ton/h
Fukthalt på barken in i torken	50 %
Fukthalt på barken t ur torken	12 %
Mängd avdunstat vatten	7,6 ton
Torkverknings grad	70 %
Effektbehov	8,7 MW

5.3.3.4. Logistik

Beräknat utifrån bränslets värmevärde framkommer att det åtgår ca 288 m³s barkflis per dygn för värmegenerering. Detta skulle motsvara 4,1 lastbilstransporter, inklusive släp, om varje transport kan bära 70m³. Denna transport skulle komma från hamnlagret på BTC där SIA Talloils rundvedslinje skulle vara placerad. Detta skulle innebära en transportlängd tur och retur på 16 km.

För att kunna säkerställa tillgången på bark, vid eventuella transportproblem, bör lagret av bark i fabriken räcka i fem dygn. Detta skulle då motsvara 1446 m³s vilket är fullt möjligt att lagra på någon av de två lagerplatserna vid fabriken, vilka rymmer 4000 m³ respektive 5000 m³.

5.3.3.5. Ekonomi

Tabell 6.8 Kostnaderna för de olika delarna i investeringen.

Delar i investering	Tusentals kr
Rosterugn	8000
Rökgasrör 15 m	<u>300</u>
Totalt	8300

I priset för en rosterugn från Saxlunds inkluderar en skraptransportör, murning av eldstad, fläktar, bladningskammare, inmatningssystem och askutmatningssystem.

Till denna investeringskostnad kommer även kostnader för driftstopp, som för denna ombyggnad och konvertering uppskattas till 3 veckor, med en kostnad på 4,6 Mkr.

Kapitalvärdet för denna investering vid en årsproduktion på 60000 ton pellets är 6 928 586, med en kalkylränta på 12% och en teknisk livslängd på 10 år.

Återbetalningstiden, utan hänsyn till ränta, är 3,7 år och med hänsyn till ränta 5,1 år.

5.3.3.6. Flödesschema

Se Bilaga D

6. Diskussion

Av de från början sex utvärderingsalternativen är det endast tre som resulterat i lösningsförslag. Detta beror till stor del på skilda egenskaper hos de olika förbränningsteknikerna, vilket framkommit under arbetets gång. Eldning med barkpulver i BioSwirl brännare är säkerligen fullt möjligt. Det kräver dock att man kan säkerställa att askan har en tillräckligt hög smältpunkt, så att inte en asksmälta bildas inne i brännarens förugn. Detta påverkas till stor del av råvarnas kvalitet och skulle kunna kontrolleras genom tester på råvarans smälteegenskaper tillsammans med proveldning med bark i en BioSwirl brännare. Detta har inte legat inom ramen för detta arbete, men bör förslagsvis göras om en sådan investering skulle bli intressant. Eldningen av bark i en Multifuelbrännare är säkert inte heller problemfri, men i denna brännarkonstruktion finns ju inte problem med asksmälta inne i brännaren, då all förbränning sker i eldstaden.

Eftersom kvaliteten på den spånråvara som används vid SIA Talloil idag inte alltid hanteras av leverantörerna på ett adekvat sätt finns det inget som tyder på att en eventuell barkbränsleråvara skulle hanteras bättre. Undantag är om barken skulle komma från SIA Talloils egen barkningslinje, men även då är det svårt att avgöra hur barken hanteras dessförinnan.

När man studerar träpulver som bränsle beror det på BioSwirlbrännarens egenskaper att Multifuelbrännaren inte har utvärderats ytterligare. Brännarna ligger i samma prisklass och har i princip samma prestanda i effektområdet runt 10 MW vid eldning med trädbränsle. Det faktum att BioSwirl brännaren klarar större partikelstorlekar och högre fukthalt på träpulvret gör att man sparar investerings- och driftkostnader för malning av avsäll och finfraktion till finare pulver, vilket skulle behövas med en Multifuel brännare.

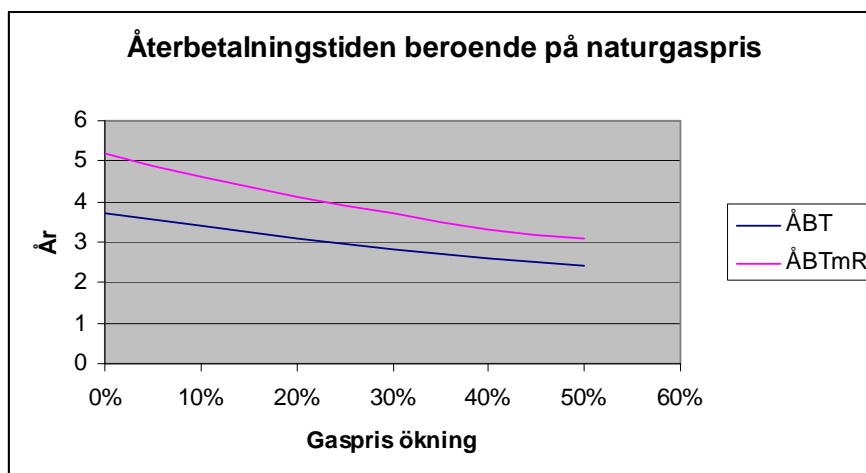
Det finns inga direkta problem med att elda träflis i en rooster. Att detta ändå inte har utretts tillfullo, beror på det som framkommit i det utvärderingsförslag, som rör träpulvereldning i BioSwirl. Kostnaden för råvaran blir så pass dyr att gas, som används som bränsle idag, är billigare. Ett annat skäl att inte gå vidare är även det faktum att barkeldning på en rooster är en såpass väletablerad teknik, att det inte förefaller relevant att elda ett dyrare bränsle.

Av de förbrännings- och bränslealternativ som behandlats i detta arbete förefaller det som om eldning av bark i en roosterugn är det mest tekniskt och ekonomiskt lämpliga alternativet. Fabrikens placering är ett problem som kvarstår trots roosteralternativets lämplighet. Här finns flera lösningar som skulle kunna vara lämpliga och som av fabriksledningen måste ha i åtanke beroende på framtida verksamheter och utveckling av fabriksområdet. Dels handlar det om den plats där gasbrännaren är placerad i dagsläget. Här är problemet att området begränsas av den transportväg som lastbilarna kör när de skall lämna fabriksområdet. En specialanpassad roosterugn skulle därför behövas eftersom området är långsmalt. Alternativ två vore att ta bort, eller flytta på, den förrådslokal som finns på fabriakens högra sida från råvaruinmatningen sett. Här kunde placeras en roosterugn,

för att därefter leda rökgaserna över den ovannämnda lastbilsvägen i en rökgaskanal som beskrivits i 6.3.3.1. Förbränning och värmegenerering

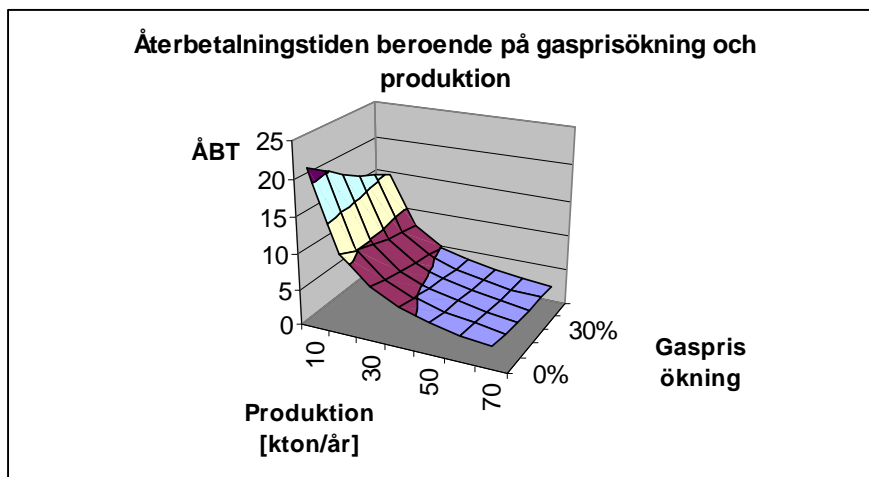
Det har i de olika diskussioner och studiebesök som ingått i detta arbete framkommit att det råder delade meningar om hur pass stor askkontaminering som blir i pelletsen, när bark används som bränsle. Frågan är då om det är tekniskt och ekonomiskt riktigt att rena rökgaserna, innan de förs in i torken för att undvika askanrikning i pelletsen. Den påverkan som förefaller störst är barkens kvalitet. Kan man se till att i största möjliga mån ha ren bark, förefaller det bli liten påverkan på pelletsen. Roger Blom från Lantmännens pelletsfabrik i Norberg berättar att man där genomfört undersökningar, som visat att den kvalitetshöjning som skulle fås på pelletsen om rökgaserna renades skulle vara så liten, att en prisökning på grund av högre kvalitet inte skulle täcka en sådan investering. På SIA TalOil tillverkas i huvudsak industripellets, som redan från början har en relativt hög askhalt. Ett förslag skulle därför kunna vara, att när pellets med hög kvalitet tillverkas från kutterspån skulle naturgas kunna eldas om en pulverbrännare väljs som konverteringsalternativ. På detta sätt skulle ingen askkontaminering ske när den verkligen skulle göra stor skillnad.

Eftersom den ekonomiska besparing som kommer av en investering i beror på besparingar i gaskostnader. Därför påverkas investeringens lönsamhet mycket om naturgaspriset skulle stiga.



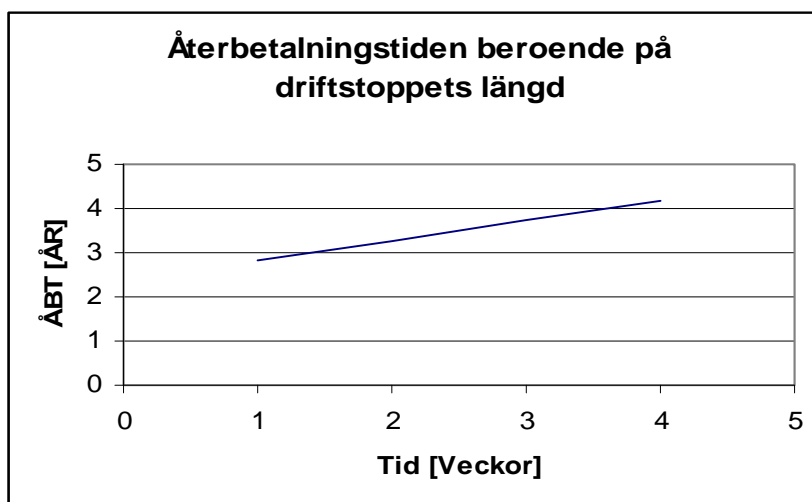
Figur 7.1 Beskriver hur en gasprisökning påverkar återbetalningstiden för en konvertering till en rosterugn som eldas med egen producerad bark. ÅBT (Återbetalnings tiden utan hänsyn till ränta) och ÅBTmR (Återbetalningstiden med hänsyn till ränta)

Den mängd gas som besparas är större om pelletsfabriken har en hög produktion. Detta gör att en fabrik som har hög utnyttjandegrad och hög produktion snabbare betalar av en investering.



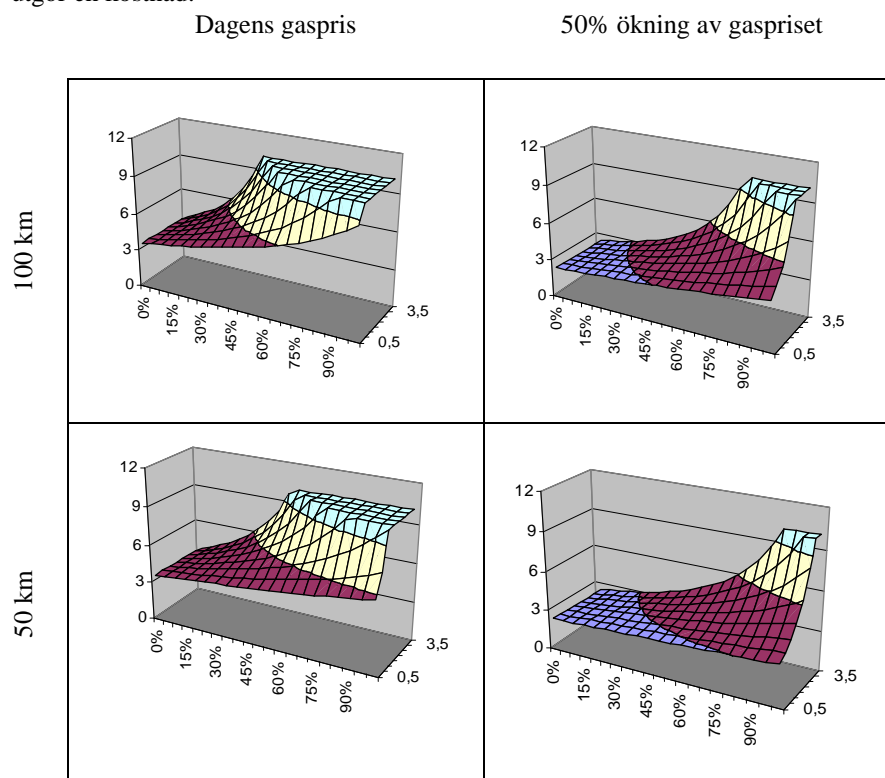
Figur 7.2 beskriver hur både produktiviteten tillsammans med naturgaspris utvecklingen påverkar återbetalningstiden för en konvertering till rosterugn eldad med bark.

En stor del av investeringens kostnader är kostnader för driftstopp. Det är därför viktigt att göra den del av ombyggnaden som påverkar produktionen på så kort tid som möjligt. För att minimera denna tid bör investeringen förläggas till sommarmånaderna, när vädret förhoppningsvis är mera stabilt. Därtill bör även torrt kutterspån lagras, för att kunna användas för produktion av pellets, under den tiden som värmegenereringen byggs om.



Figur 7.3 Beskriver hur återbetalningstiden påverkas av driftstoppet.

En faktor som påverkar hur pass lönsam en investering i en rosteranläggning för eldning av bark är, beror på hur stor andel av bränslet som kommer från den egna processlinjen, respektive hur mycket som måste köpas in. Bränslet som är egenproducerat är en biprodukt från anläggning och ses i detta fall som gratis. Till detta kommer också, att om bark köps in måste den transporteras, vilket även det utgör en kostnad.



Figur 7.4 Återbetalningstidens beroende på hur stor andel av barkråvaran som köps och priset på råvaran i LVL. Inga fall som ger längre återbetalningstider än 10 år redovisas.

Som Figur 7.4 har transportavståndet och priset på råvaran en stark påverkan på hur pass lönsam investeringen blir. Det vill säga, ett kort transportavstånd till barkråvaran, tillsammans med en låga priser på bark och höga priser på gas, ger störst lönsamhet åt investeringen. Detta beskrivs bäst av diagrammet ner till höger i figuren.

7. Slutsats

Den lösning som framstår som mest ekonomisk och teknisk riktig är att elda den egenproducerade barken i en rosterugn. Barkeldning i en Multifuel brännare (se 6.3.1. Multifuel brännare eldad med barkpulver) framstår som möjlig. Det är främst ekonomiska faktorer som styrker att valet av rosterugn, eldad med bark, är det främsta alternativet.

Att elda bark i en rosterugn förefaller som en mindre teknisk risk, jämfört med att elda bark i en pulverbrännare. Detta då en barkpulverhantering medför fler tekniska steg vilket ökar risken för komplikationer.

För att i så stor utsträckning som möjligt säkerställa kvaliteten på barken bör det upprättas rutiner för hanteringen av barkråvaran.

Som beskrivits i avsnittet ”Diskussion”, är det oerhört viktigt att ha en hög utnyttjandegrad på fabriken för att snabbt göra investeringen lönsam. Det är därför viktigt att lösa de produktionshämmande problem som idag finns på fabriken, innan man genomför en investering av denna storlek.

Det är också av största vikt att sträva efter att minimera den tid som pelletsproduktionen vid fabriken påverkas av en ombyggnad, eftersom kostnaderna för driftsstopp har stark påverkan på investeringens lönsamhet.

För att maximera lönsamheten av en konvertering bör barkråvaran i största möjliga mån komma från SIA Talloils egna rundvedslinje. Då kostnaderna för transporter och inköp av bark minskar den ekonomiska nyttan av investeringen vilket beskrivits i Figur 7.4.

Om gaspriset i Lettland skulle öka, blir de ekonomiska motiven att konvertera anläggningen mycket starkare, vilket samtidigt skulle underlätta för en investering att bli ekonomiskt gynnsam. Behovet av att bränslet kommer från den egna processlinjen kvarstår dock, trots ökade marginaler på investeringen. Ett ökat gaspris kan resultera i ökad efterfrågan på bark och därmed en prisstigning.

8. Referenser

8.1. Litterateur

Alvarez Henrik,
Energitekniker, Del 1, 2003

Axby Fredrik,
Styrning av biobränsletorkar, Värmeforsk, 1999

Göhl Lennart,
Kan Europa lita på Ryssland som gasleverantör efter leveransstoppet till Ukraina?,
Energimyndigheten, 2006

Lindström Erica,
Effekt av additivblandning i bark- och skogsbränslepellets-kvaliteter för
motverkande av slaggnig i eldningsutrustning, 2006

Mörtsedt Sten-Erik och Hellsten Gunnar
Data och diagram, Energi- och kemitekniska tabeller, 1987

Strömberg Birgitta,
Bränslehandboken, Värmeforsk, 2006

Säterberg Lennart,
Barkfraktionens betydelse för emissioner och driftproblem – etapp1,2001

Vares Villu, et al.
MANUAL FOR BIOFUEL USERS , 2005

Wester Lars,
Förbrännings- och rökgasreningsteknik,2006

Wester Lars,
Tabeller och diagram för energitekniska beräkningar, 1998

Nilsson och Persson
Investerings bedömning, 1993

Energiläget i siffror, Energy in Sweden, Facts and figurs, 2005,
Energimyndigheten

8.2. Hemsidor

Svebios hemsida, FOKUS BIOENERGI Nr 1 2003
<http://svebio.agrimprim.com/attachments/33/98.pdf>; 25-Sep-2006.

Energimyndighetens hemsida, Om Utsläppshandel
http://www.stem.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=7EDE1E26198B1B4CC1256E4C0047CC8C; 25-Sep-2006

Novators hemsida, Vedpärmen, Bränslet, 1996
<http://www.novator.se/bioenergy/wood/A4.pdf>; 29-Okt-2006

Novators hemsida, Vedpärmen, Förbränning, 1996
<http://www.novator.se/bioenergy/wood/A3.pdf>; 14-Okt-2006

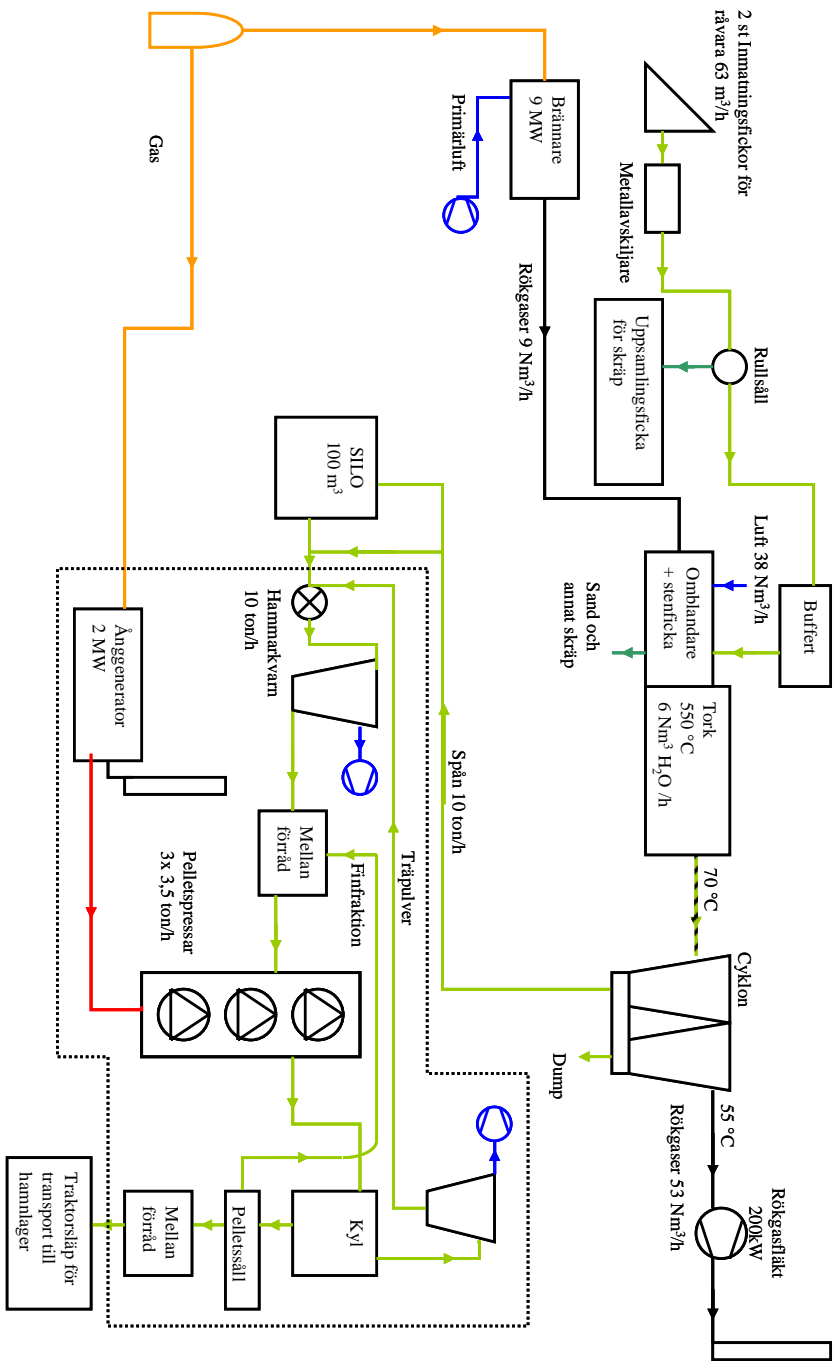
VTS hemsida, A PRESENTATION OF THE VTS POWDER BURNER
<http://www.vts.talloy.se/vts/products.htm>; 18-Sep-2006

TPS hemsida, BioSwirl™
<http://www.tps.se/produkter/bioswirl.htm>; 21-Sep-2006

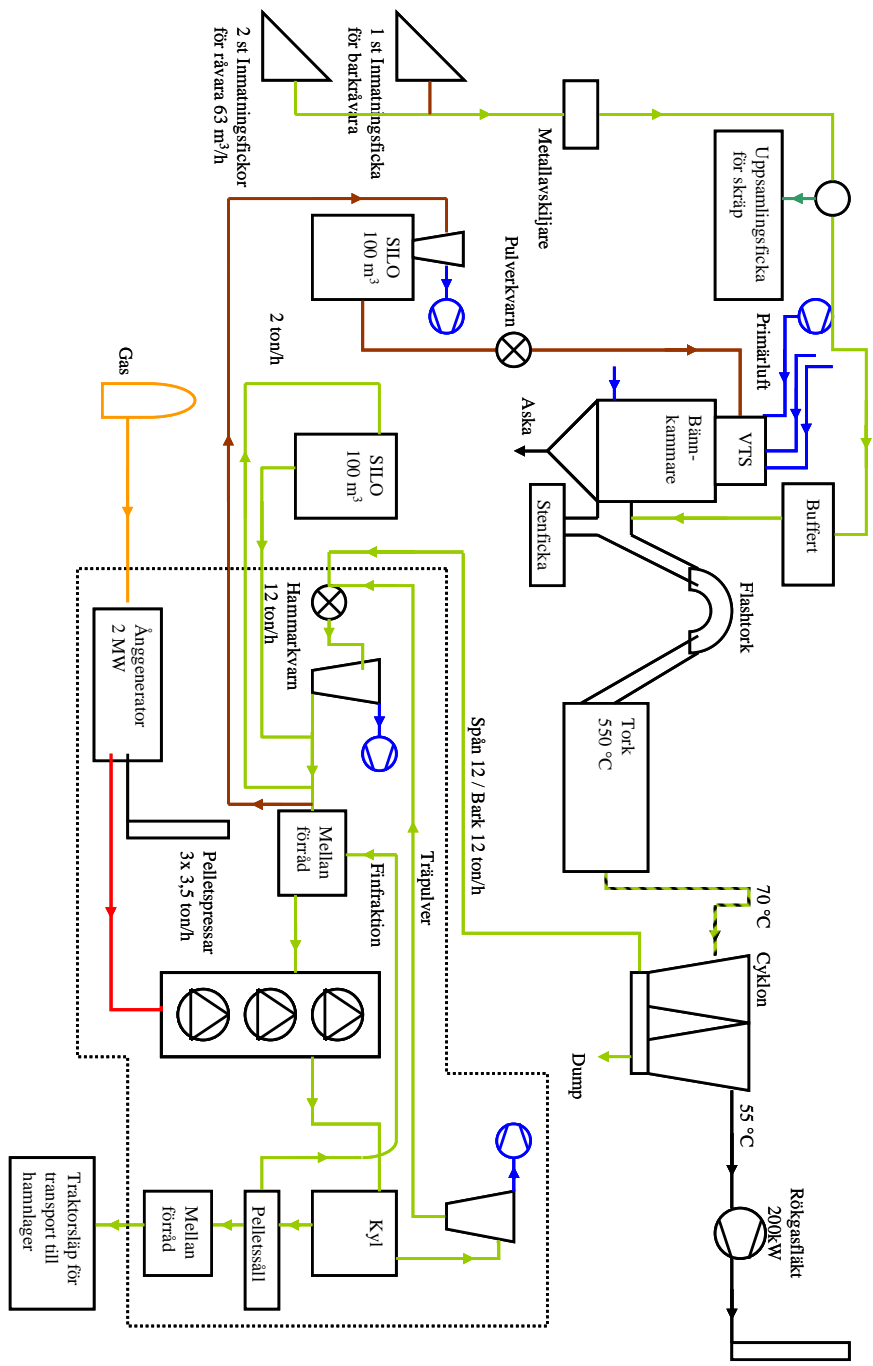
8.3. Personlig kommunikation

Christofer Rhen, 20-Aug-2006
Leif Tjärnén, 29-Aug-2006
Manne Forss, 18-Sep-2006
Staffan Stymne, 21-Sep-2006
Leif Tjärnén, 14-Nov-2006
Lars Swedin, 20-Okt-2006
Leif Tjärnén, 25-Okt-2006
Leif Lindqvist, 25-Okt-2006
Juris Dukstenieks, 25-Okt-2006
Leif Lindqvist, 02-Nov-2006
Kenet Ekensten, 18-Dec-2006
Urban Lundmark, 18-Dec-2006

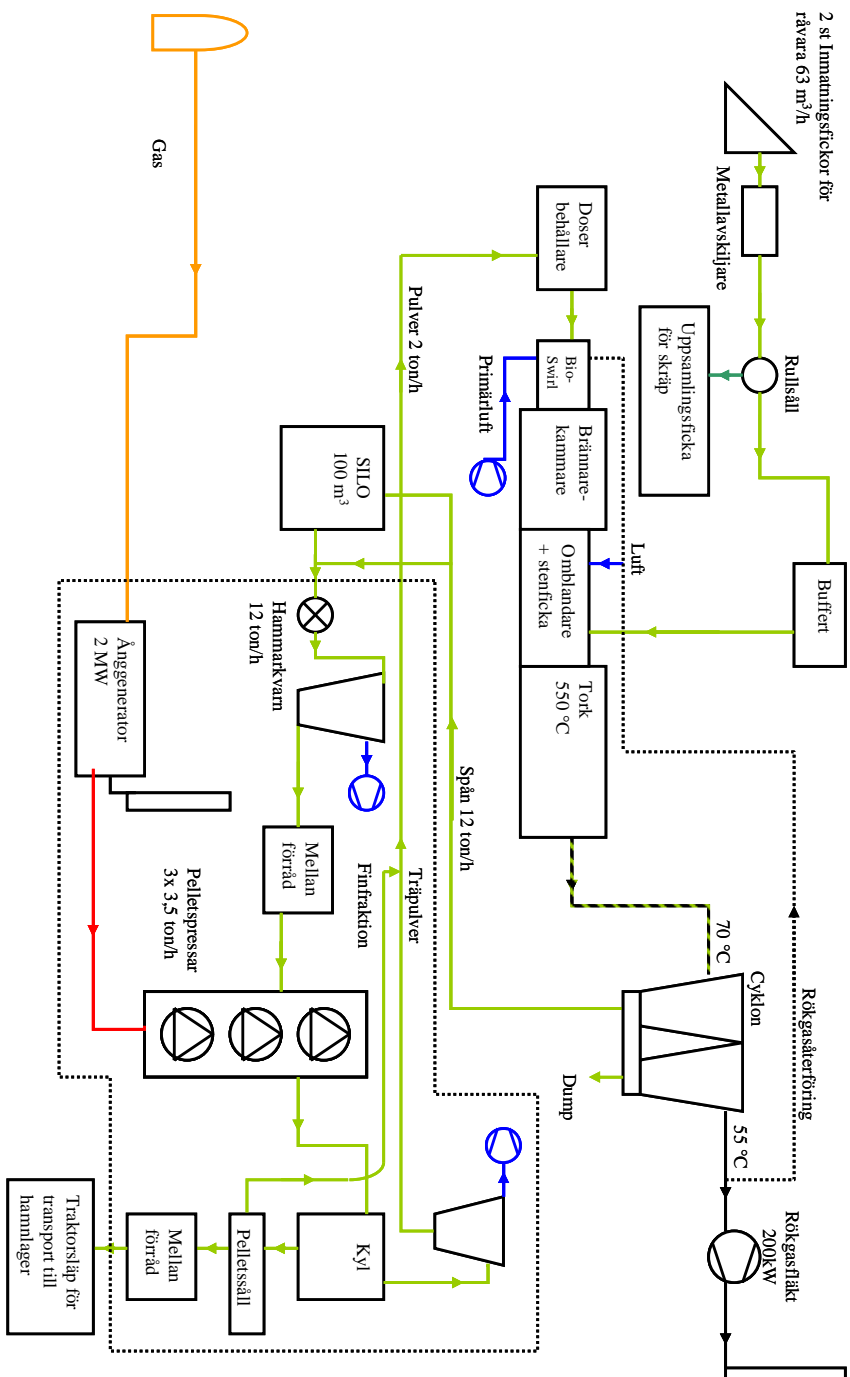
Bilaga A



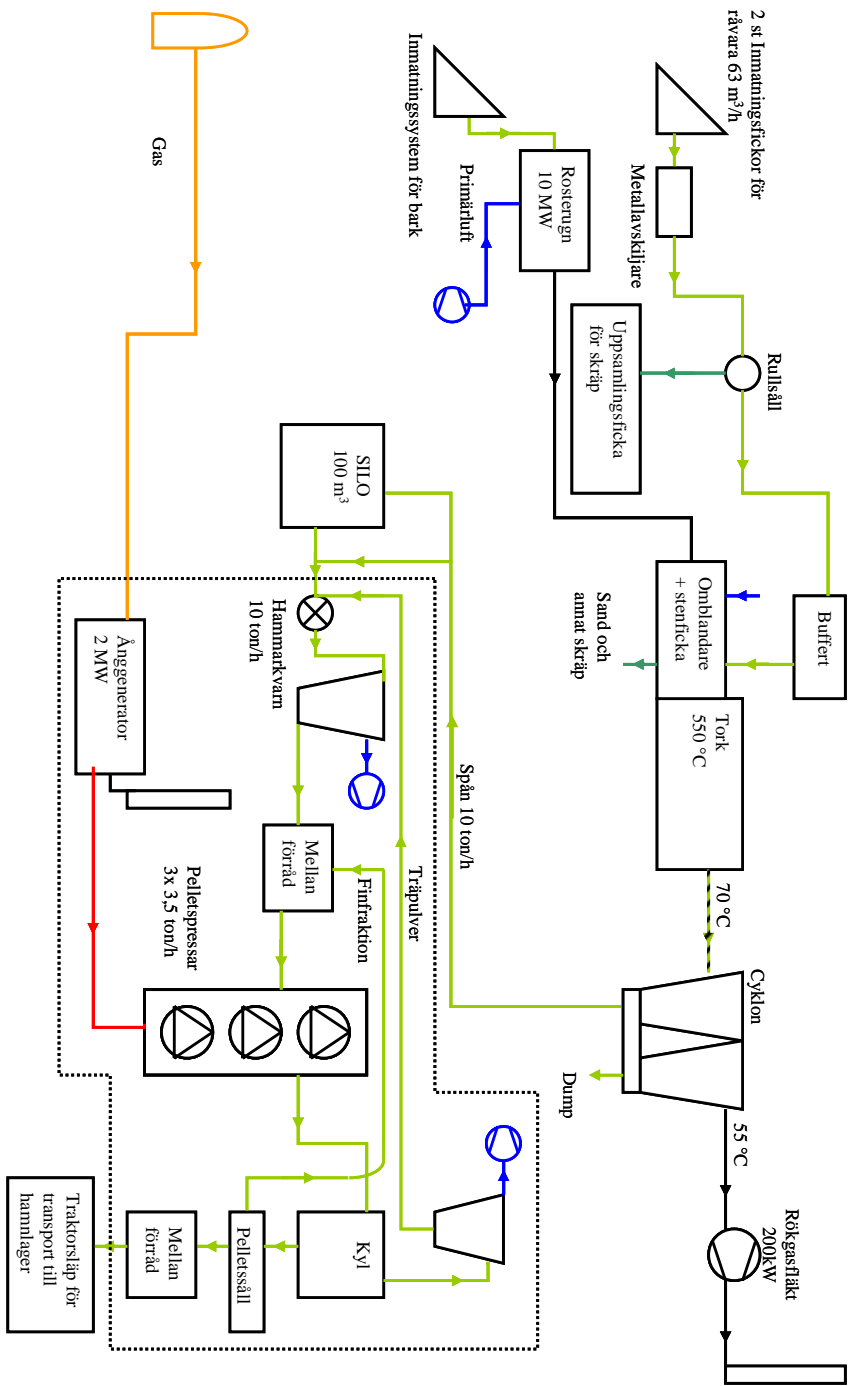
Bilaga B



Bilaga C



Bilaga D



Bilaga E

Tabell 3.1.2 Analys trädbränsle / Analysis of wood fuel

Prov	Exempel [13]	Median	Spann		Antal
Bränsleinhåll (vikt-%)	Pellets		Min	Max	
Fukt	9,4	8	7,2	12,4	13
Aska (% torrt)	0,6	0,6	0,5	2	13
Flyktiga ämnen (% torrt, askfritt)	84,4	84,2	81	84,5	9
Värmevärde (MJ/kg)					
Hkal (torrt askfritt)	20,41	20,3	19,44	20,67	13
Hkal (fuktigt)	18,38	18,4	17,63	19,08	13
Heff (torrt askfritt)	19,05	18,97	18,15	19,27	13
Heff (fuktigt)	16,93	16,93	16,3	17,63	13
Elementaranalys (% torrt askfritt)					
C (kol)	50,8	50,6	49,65	51,46	13
H (väte)	6,24	6,24	5,82	6,43	13
O (syre)	42,84	42,88	42,26	44,17	13
S (svavel)	0,01	0,03	<0,01	0,31	13
N (kväve)	0,1	0,1	<0,1	0,2	13
Cl (klor)	0,01	0,01	<0,1	0,64	13
Askanalys (mg/kg aska)					
Al (aluminium)	25985	16046	4191	40221	9
As (arsenik)	<13				
Ba (barium)	1490	2290	812	3310	7
Ca (kalcium)	192967	238708	98628	261578	9
Cd (kadmium)	25				1
Co (kobolt)	<8	13,8	<8	17,4	7
Cr (krom)	88	80,6	40	118	7
Cu (koppar)	165	97,7	67,7	165	7
Fe (järn)	24830	11925	8743	24830	9
Hg (kviksilver)	<2				1
K (kalium)	83015	80690	67491	89656	9
Mg (magnesium)	30516	31360	16645	33591	9
Mn (mangan)	11185	20353	9479	33935	9
Mo (molybden)	<6	9,7	< 0,6	33,1	7
Na (natrium)	4414	4581	2533	7307	9
Ni (nickel)	18	56,5	11,7	147	7
P (fosfor)	10211	12372	10211	100368	9
Pb (bly)	67				
Sb (antimon)					
Si (kisel)	115464	73860	57031	235135	9
Ti (titan)	1139	603	366	1349	9
Tl (tallium)					
V (vanadin)	25	10,3	9,6	25	7
Zn (zink)	1867	2570	1867	3130	7

Tabell 3.5.3 Analys barrbark / Analysis of conifer bark

Prov	Exempel Torkat [7]	Median	Spann		Antal
Bränsleinhåll (vikt-%)			<i>Min</i>	<i>Max</i>	
Fukt (% fuktigt)	0,3	57,1	49,7	64,7	10
Aska (% torrt)	3,0	3,0	1,7	4,0	17
Flyktiga ämnen (% torrt askfritt)					
Värmevärde (MJ/kg)					
Hcal(torrt askfritt)	21,7	21,5	19,9	22,4	16
Hcal(fuktigt)		8,8	6,9	10,8	10
Heff(torrt askfritt)	20,4	20,3	18,8	21,3	16
Heff(fuktigt)		7,1	4,9	8,9	10
Elementaranalys (% torrt askfritt)					
C (kol)	53,6	53,7	49,3	55,4	16
H (väte)	6,2	6,1	5,8	6,7	16
O (syre)	39,7	39,9	38,3	44,1	16
S (svavel)	0,04	0,03	0,00	0,10	16
N (kväve)	0,46	0,31	0,02	0,52	16
Cl (klor)	0,02	0,01	0,00	0,02	14
Askanalys (mg/kg aska)					
Al (aluminium)	13 100	20 108	4 551	53 452	8
As (arsenik)	20	21	2	68	4
Ba (barium)	2 600	2 600			1
Ca (kalcium)	263 000	263 000	59 320	349 378	7
Cd (kadmium)	9	9			1
Co (kobolt)	11	13	10	41	4
Cr (krom)	64	64	48	122	3
Cu (koppar)	180	161	116	180	3
Fe (järn)	6 800	9 265	1 749	58 053	8
Hg (kvicksilver)		1			1
K (kalium)	5 020	40 530	5 020	64 162	8
Mg (magnesium)	2 010	18 564	2 010	39 568	7
Mn (mangan)	9 200	9 100	1	20 811	4
Mo (molybden)	10	62	10	57 576	3
Na (natrium)	4 800	4 800	4 568	7 107	3
Ni (nickel)	27	105	27	21 212	3
P (fosfor)	11 900	12 952	6 000	20 990	6
Pb (bly)	71	57	12	71	3
Sb (antimon)		6 061			1
Si (kisel)	72 400	72 727	5 985	244 998	7
Ti (titan)	1 000	740	42	5 946	6
Tl (tallium)		12 121			1
V (vanadin)	15	32	15	48	2
Zn (zink)	3 800	3 636	3 541	3 800	3

Distribution

Institutionen för bioenergi
SLU, Box 7061
SE-750 07 Uppsala
Sweden

Ansvarig utgivare

Bengt Hillring